



# ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Gonçalo Rodrigues Lopes

## **Reabilitação operacional dos ROV EOD no DMS1**

### **Estudo de Recuperação e Projeto de ROV EOD**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na  
especialidade de Marinha



Alfeite  
2015





# ESCOLA NAVAL

la santé est le bien-être



Gonçalo Rodrigues Lopes

***Reabilitação operacional dos ROV EOD no DMS1***

***Estudo de recuperação e projeto de ROV EOD***

***Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na  
especialidade de Marinha***

**Orientação de: Engenheiro Vítor Sousa Lobo**

**Coorientação de: 1TEN STU Rodrigues Barroso**

O Aluno Mestrando

O Orientador

O Coorientador

---

[Rodrigues Lopes]

---

[Vítor Sousa Lobo]

---

[Rodrigues Barroso]

**Alfeite  
2015**



*“Não ataqueis de frente as posições que podeis conquistar envolvendo-as”*

- Napoleão Bonaparte



## DEDICATÓRIA

---

Quero dedicar todo o trabalho que empreguei na resolução desta dissertação de mestrado, bem como todo o esforço aplicado ao longo destes cinco anos de Escola Naval à minha família e amigos que sempre me apoiaram incondicionalmente em todos os momentos por que passei.





## AGRADECIMENTOS

---

Nesta secção pretendo agradecer ao meu Coorientador pelo auxílio na elaboração desta dissertação de mestrado conseguindo indicar-me sempre o melhor rumo a seguir. A disponibilidade do Sr. Comandante CFR EN-MEC Ribeiro Correia para ensinar e dedicação ao projeto que iniciei.

Não deixar de realçar a colaboração e disponibilidade demonstrados pelos meus camaradas de curso da classe EN-AEL que no seu tempo livre me transmitiram ideias e conselhos. A também disponibilidade da Esquadilha de Submarinos, da parte da Escola de Mergulhadores ao autorizarem a realização deste projeto, com base na plataforma do ROV EOD aí existente. Ao 2TEN Pessanha Santos, pelo contributo e empenho que teve em todo o processo na realização dos objetivos desta dissertação.

Acima de tudo ao meu irmão, 2TEN Rodrigues Lopes, pela motivação, disponibilidade e empenho que me passou para a realização da Dissertação de Mestrado.



## RESUMO

---

Em Portugal, nas áreas de responsabilidade da Marinha Portuguesa (terrestre e marítima), as operações de inativação de engenhos explosivos são conduzidas pelo Comando Naval ou Comandos de Zona (por delegação do Comando Naval) e a sua execução está a cargo das unidades de mergulhadores. Na organização interna do Agrupamento de Mergulhadores o Destacamento de Mergulhadores Sapadores Nº 1 é o responsável por manter equipas de prontidão e executar este tipo de operações.

Para a sua execução em segurança necessitam acima de tudo de meios e condições de segurança. A utilização de robôs, nesta área, é um ponto-chave no que se refere à segurança das equipas de inativação de engenhos explosivos. No final dos anos 80 dois robôs, existentes na Marinha Portuguesa e entregues à Esquadrilha de Submarinos, encontram-se inoperacionais e sem utilização por não cumprirem as tarefas para as quais foram construídos.

No decorrer deste projeto existirá um plano de recuperação da capacidade de operação remota com ROV, através da reparação de um dos robôs e posteriormente o delinear do projeto para a criação de novos robôs, que definirá as linhas bases da construção, para futura incorporação nos Destacamentos de Mergulhadores Sapadores.

Palavras-chave:

- *Veículos de Controlo Remoto – ROV;*
- *Inativação de Engenhos Explosivos – IEE (EOD);*
- *Mergulhadores Sapadores;*
- *Robótica;*
- *S.A. 100 Hunter*



## ABSTRACT

---

In Portugal, in the Portuguese Navy areas of responsibility (land and sea), the Explosive Ordnance Disposal operations are conducted by the Naval Command or Maritime Zone Commands (by delegation from the Naval Command) and its execution is in charge of the Divers Units. In the Divers Group internal organization, the Sapper-Divers Detachment Nº 1 is the responsible for maintaining readiness teams and perform such operations.

For a safety running execution they need above all means and safety conditions. The use of robots in this area is a key point for regarding the safety of explosive ordnance disposal teams. In the late 80s that two robots, in the Portuguese Navy and delivered to the Submarines Squadron for use of the Divers Units, are inoperative and therefore unused for not complying with the tasks for which they were made.

During this project there was the built up of a plan for the recovery of remote operation capability with this robots, through the repair of one of the robots and then the outline of the project to create new robots, which define the baselines building for future incorporation in Sapper-Divers Detachments.

### KEYWORDS:

- Remotely Operated Vehicles - ROV;
- Explosive Ordnance Disposal – EOD;
- Sapper-Divers
- Robotics
- S.A. 100 Hunter



## ÍNDICE

---

<b>DEDICATÓRIA .....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTARCT .....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE ACRÓNIMOS E SIGLAS .....</b>	<b>XIX</b>
<b>LISTAS DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>XXIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XXV</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>XXVII</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
Justificação do tema .....	1
Objetivos.....	2
Metodologia.....	3
<b>1. CORPO DE CONCEITOS E ENQUADRAMENTO.....</b>	<b>7</b>
1.1 Corpo de conceitos .....	7
1.1.1 Engenhos Explosivos – EO, UXO e IED .....	8
1.1.1.1 EO - Explosive Ordnance .....	8
1.1.1.2 UXO - Unexploded Ordnance.....	9
1.1.1.3 IED - Improvised Explosive Device .....	10
1.1.2 Inativação de Engenhos Explosivos - EOD, EOR e IEDD .....	12
1.1.2.1 EOD - Explosive Ordnance Disposal .....	12
1.1.2.2 EOR - Explosive Ordnance Reconnaissance .....	14
1.1.2.3 IEDD – Improvised Explosive Device Disposal .....	14
1.1.3 ROV - Remotely Operated Vehicles .....	15
1.1.3.1 Plataforma.....	16
1.1.3.2 Braço manipulador.....	17
1.1.3.3 Manipulador.....	17

1.2	Enquadramento .....	19
1.2.1	Histórico .....	19
1.2.2	Portugal e as ameaças atuais .....	21
1.2.3	Organização EOD na Marinha Portuguesa .....	21
1.2.3.1	Áreas de responsabilidade: .....	21
1.2.3.2	Responsabilidade pela condução e execução das operações: .....	22
1.2.4	Congéneres noutras Forças em Portugal .....	23
1.2.4.1	Exército: .....	23
1.2.4.2	Força Aérea Portuguesa (FAP): .....	24
1.2.4.3	Guarda Nacional Republicana (GNR) .....	25
1.2.4.4	Polícia de Segurança Pública (PSP): .....	25
<b>2.</b>	<b>A DOCTRINA, OS PRINCÍPIOS E A FILOSOFIA DAS OPERAÇÕES EOD APLICADA AOS ROV .....</b>	<b>27</b>
2.1	Doutrina .....	27
2.1.1	EOD .....	27
2.1.2	IEDD .....	31
2.1.3	CBRN EOD .....	33
2.2	Princípios e Filosofia de operação .....	34
2.2.1	EOD .....	34
2.2.2	IEDD .....	35
2.2.3	CBRN EOD .....	37
2.2.4	<i>Remotely Operated Vehicles</i> – ROV .....	38
<b>3.</b>	<b>ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>41</b>
3.1	Modelos de ROV EOD .....	42
3.1.1	Quinetiq .....	42
3.1.1.1	Dragon Runner 10 .....	43
3.1.1.2	Dragon Runner 20 .....	43



3.1.1.3 Talon.....	44
3.1.2 Remotec Uk .....	45
3.1.2.1 Wheelbarrow MK9.....	45
3.1.3 Allen Vanguard .....	46
3.1.3.1 Defender Bombtech.....	47
3.1.3.2 Vanguard MKII .....	48
3.1.4 Cobham .....	49
3.1.4.1 Teodor .....	49
3.1.4.2 Telexmax.....	50
3.1.5 Irobot.....	51
3.1.5.1 110 FristLook.....	52
3.1.5.2 510 Packbot.....	53
3.1.5.3 710 Kobra .....	54
3.2 Tipos de construção .....	55
3.2.1 Reconhecimento .....	56
3.2.2 Inativação de engenhos explosivos.....	56
3.2.2.1 Ligeiros .....	56
3.2.2.2 Pesados .....	56
<b>4. REQUISITOS OPERACIONAIS.....</b>	<b>57</b>
4.1 Requisitos da Doutrina.....	57
4.2 Condições de Operação .....	58
4.3 Características ROV EOD .....	58
4.3.1 Velocidade.....	59
4.3.2 Agilidade.....	60
4.3.3 Unidade de controlo .....	61
4.3.4 Obtenção de imagens .....	62
4.3.5 Autonomia.....	63

4.3.6 Ferramentas .....	63
4.3.7 Dimensões .....	64
4.3.8 Outros.....	65
<b>5. RECUPERAÇÃO OPERACIONAL DO ROV HUNTER .....</b>	<b>67</b>
5.1 Testes Iniciais .....	67
5.1.1 Componentes Operacionais .....	69
5.1.2 Componentes Inoperacionais .....	70
5.2 Comando e controlo do ROV .....	71
5.2.1 Unidade de controlo e comunicação .....	72
5.2.2 Eletrónica de comando de 5V .....	73
5.2.3 Eletrónica de controlo de potência.....	75
5.3 Objetivos da recuperação .....	76
5.3.1 Análise de resultados dos testes ao ROV <i>Hunter</i> .....	77
5.3.2 Aquisições.....	78
5.3.3 Atualizações e Melhoramentos .....	79
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>81</b>
6.1 Analise Sumária do trabalho desenvolvido .....	81
6.2 Recomendações e Sugestões de trabalhos futuros.....	83
<b>7. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>89</b>
Apêndice A - Entrevista ao Comandante do Destacamento de Mergulhadores Sapadores Nº1.....	89
Apêndice B - Entrevista ao Chefe do Departamento de Formação de Inativação de Engenhos Explosivos - Escola de Mergulhadores.	97
Apêndice C – Sistemas de comando e controlo do ROV Hunter, após recuperação .....	105
Apêndice D – Programação em <i>Arduino</i> .....	111
FLUXOGRAMA.....	111

CÓDIGO .....	113
Apêndice E – ROV Hunter (estrutura e componentes).....	119
Apêndice F – Informação Técnica dos ROV EOD estudados .....	125
QINETIQ .....	125
<b>ANEXOS.....</b>	<b>147</b>
Anexo A – Resenha Jornalística de incidentes com IED .....	147
Bomb Explodes on Tverskaya, Sapper Killed .....	147
Heroic bomb disposal cop killed by device he trying to disarm outside petrol station.....	151
Thai bomb disposal expert survives car blast.....	153
Anexo B – Artigo da revista National Defense Magazine .....	155
Bomb Squad Robots Taking Human Form .....	155
Anexo C – Artigos sobre ROV EOD de forças EOD portuguesas .....	157
Abertura e destruição de contentores com materiais industriais perigosos - RE1.....	157
Porto de Setúbal realizou exercício de proteção.....	159
Demonstração de inativação de explosivos .....	160



## LISTA DE ACRÓNIMOS E SIGLAS

---

**AAP** - *Allied Administrative Publication*

**AEODP** – *Allied Explosive Ordnance Disposal Publication*

**APA** – *American Psychological Association Publication Style*

**ATP** - *Allied Tactical Publication*

**C2** – Comando e Controlo

**CBRN** – *Chemical, Biological, Radiological and Nuclear*

**C-IED** – *Counter-Improvised Explosive Device*

**CISS** – Centro de Inativação de Explosivos e Segurança em Subsolo

**CIEXSS** – Centro de Inativação de Explosivos

**CN** – Comando Naval

**CP** – *Contact Point*

**CTSFA** – Centro de Treino de Sobrevivência da Força Aérea

**CWIED** – *Command Wire Improvised Explosive Device*

**CZM** – Comandos de Zona Marítima

**DIVOPS** – Divisão de Operações

**DMS** – Destacamentos de Mergulhadores Sapadores

**DMS1** – Destacamento de Mergulhadores Sapadores Nº 1

**DMS3** – Destacamento de Mergulhadores Sapadores Nº 3

**ECM** – *Electronic Counter-Measures*

**EEC** – Engenho Explosivo Convencional

**EED** – *Electro-explosive devices*

**EEI** – Engenho Explosivo Improvisado

**EIEEX** – Equipas de Inativação de Engenhos Explosivos

**EMA** – Estado-Maior da Armada

**EO** – *Explosive Ordnance*

**EOD** – *Explosive Ordnance Disposal*

**EODT** – *Explosive Ordnance Disposal Team*  
**EOR** – *Explosive Ordnance Reconnaissance*  
**ERW** – *Explosive Remnants of War*  
**EUA** – Estados Unidos da América  
**FAP** – Força Aérea Portuguesa  
**FR** – *Firing Point*  
**GNR** – Guarda Nacional Republicana  
**HME** – *Home-Made Explosive*  
**IED** – *Improvised Explosive Device*  
**IEDD** – *Improvised Explosive Device Disposal*  
**IEE** – Inativação de Engenhos Explosivos  
**IEEC** – Inativação de Engenhos Explosivos Convencionais  
**IEEI** – Inativação de Engenhos Explosivos Improvisados  
**IR** – *InfraRed*  
**IRB** – *Irish Republican Brotherhood*  
**MCM** – *Mine Counter-Measures* / Minas e Contramedidas  
**MP** – Marinha Portuguesa  
**NATO** – *North Atlantic Treaty Organization*  
**NIR** – *Near IR*  
**NSA** - *NATO Standardization Agency*  
**NSO** – *NATO Standardization Office*  
**P/T** – *Pan/Til*  
**PSP** – Polícia de Segurança Pública  
**RCIED** – *Radio Control Improvised Explosive Device*  
**REE** – Reconhecimento de Engenhos Explosivos  
**ROV** – *Remotely Operated Vehicles*  
**RSP** – *Render-Safe Procedures*  
**SIEE** – Secção de Inactivação de Engenhos Explosivos

**STANAG** – *Standardization Agreement*

**TTP** – *Tactics, techniques and procedures* / Táticas, Técnicas e Procedimentos

**UEP** – Unidade Especial de Policia





## LISTAS DE ABREVIATURAS

---

° – graus

**cm** – centímetro

**ed.** – edição

**etc.** – e outros (coisas)

**ex.** – exemplo

**h** – hora

**kg** – quilograma

**km/h** – quilómetros por hora (velocidade)

**m** – metro

**nº** - número

**p.** – página

**pp.** – páginas

**v.** – versão



## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Marcha do projeto e Modelo metodológico .....	6
Figura 2. Principais componentes estruturais de um ROV EOD terrestre ( (NORTHROP GRUMMAN, s.d.) (IROBOT, 2015). ....	18
Figura 3. Braço manipulador: Modular payloads e Disruptor- ready (IROBOT, 2015)... ..	18
Figura 4. tEODor do Exército Português (2015) .....	23
Figura 5. Wheelbarrow da FAP (FAP, 2015) .....	24
Figura 6. Wheelbarrow da FAP (modelo antigo) (MACHADO, 2015).....	24
Figura 7. Vanguard da PSP (1) (MOURA, 2013).....	26
Figura 8. Vanguard da PSP (2) (SARAMAGO, 2011).....	26
Figura 9. Divisão estrutural do ROV S.A. 100 Hunter .....	69
Figura 10. Esquema ângulos de operação do braço manipulador ROV Hunter.....	70
Figura 11. Arquitetura de comando e controlo do ROV S.A. 100 Hunter .....	72
Figura 12. Formas de ondas com diferentes "duty cycles" (MOREIRA, 2014).....	74
Figura 13. Funcionamento de ponte em H (MAIMON, 2004).....	75
Figura 14. Esquema geral (1) dos sistemas de comando e controlo do ROV Hunter ..	105
Figura 15. Esquema geral (2) dos sistemas de comando e controlo do ROV Hunter ..	106
Figura 16. Esquemas da eletrónica de controlo .....	107
Figura 17. Esquemas da eletrónica de potência.....	108
Figura 18. Esquema geral elétrico .....	109
Figura 19. Fluxograma da programação (1 de 2).....	111
Figura 20. Fluxograma da programação (2 de 2).....	112
Figura 21. Evolução da recuperação efetuada .....	119
Figura 22. Divisão estrutural.....	120
Figura 23. Componentes: Motores da Plataforma.....	120
Figura 24. Componentes: Motor do braço manipulador - Ombro.....	121
Figura 25. Componentes: Motor do braço manipulador - Cotovelo.....	121
Figura 26. Componentes: Plataformas rotativas das camaras do Cotovelo e Pulso (respetivamente).....	122

Figura 27. Componentes: Manipulador.....	122
Figura 28. Componentes: Refrigeração ( <i>cooler</i> ).....	122
Figura 30. Componentes: Sistema elétrico - Disjuntor.....	123
Figura 31. Figura 28. Componentes: Sistema elétrico - Controladores de potência, antigo e novo (respetivamente) .....	123
Figura 29. Componentes: Sistema elétrico - Fusíveis.....	123
Figura 32. Componentes: Sistema elétrico - Arduino .....	124
Figura 33. Componentes: Unidades de controlo - novos.....	124
Figura 34. Componentes: Unidade de controlo - antiga .....	124

## ÍNDICE DE TABELAS

---

Tabela 1. “Quadro S.1. Equipamento das EIEEX do CIESS” (GRÁCIO, 2011). .....	25
Tabela 2. Características Dragon Runner 10 .....	43
Tabela 3. Caraterísticas Dragon Runner 20 .....	44
Tabela 4. Características <i>Talon</i> .....	45
Tabela 5. Características Wheelbarrow Revolution .....	46
Tabela 6. Características Defender Bombtech .....	48
Tabela 7. Características Vanguard MKII .....	49
Tabela 8. Características Teodor .....	50
Tabela 9. Características Telexmax .....	51
Tabela 10. Características FristLook .....	52
Tabela 11. Características Packbot .....	54
Tabela 12. Características 710 Kobra .....	55
Tabela 13. Resultados dos testes iniciais dos componentes do ROV <i>S.A. 100 Hunter</i> ..	68
Tabela 14. Distâncias médias de operação do por Bluetooth (SHOEMAKE, 2001).....	73
Tabela 15. Tabela PINOUT .....	74



## INTRODUÇÃO

---

### Justificação do tema

Em Portugal, a Marinha Portuguesa é responsável pelo Reconhecimento e Inativação e de Engenheiros Explosivos (REE e IEE) nas suas áreas de responsabilidade (terrestre e marítima) (IOA 109, 1995, p. 5), sendo que estes engenheiros podem ser de origem convencional (fabricados em linhas de produção industriais) ou de origem improvisada (manufaturado) (IOA 107, 1996, p. 1 a 4).

Como se verá pela análise das publicações da *North Atlantic Treaty Organization* (NATO) que serviram de referências nesta dissertação, o elemento fundamental neste tipo de operações é a segurança, em primeiro lugar da vida humana, na qual se inclui a dos inativadores. Acima de tudo, a segurança consegue-se respeitando a doutrina e utilizando os equipamentos indicados para cada operação, assim a utilização de robôs nesta área é um ponto-chave no que se refere à segurança das equipas de reconhecimento e inativação de engenheiros explosivos. Neste momento, dois dos robôs do tipo “*Remotely Operated Vehicles* (ROV)” (AAP-15, 2015, pp. R-10) existentes na Marinha Portuguesa direccionados para a componente terrestre encontram-se inoperacionais e sem utilização por não cumprirem as suas funções.

Como será demonstrado, a inexistência desta capacidade é uma enorme lacuna no seio de qualquer equipa de reconhecimento e inativação de engenheiros explosivos. A não operação com meios remotos, dependendo do cenário de operações, pode ser um fator que contribui de forma ativa para o aumento do risco de vida dos elementos envolvidos neste tipo de operações, não se podendo garantir a execução das Táticas, Técnicas e Procedimentos (TTP) segundo os princípios e filosofia das operações com explosivos, emanadas da doutrina NATO, ratificada pela Marinha Portuguesa.<sup>1</sup> A própria sensibilidade do tema, dentro da NATO, determina que a redação desta

---

<sup>1</sup> A salvaguarda da vida humana e importância de meios remotos serão mais detalhadamente apontados em capítulos posteriores, sendo que toda a bibliografia NATO, relacionada com o reconhecimento e inativação de engenheiros explosivos utilizada nesta dissertação, expõe este conceito e filosofia de operação.

dissertação, de acordo com os padrões de segurança para a informação sobre inativação de engenhos explosivos, seja classificada, dado que aborda vulnerabilidades e/ou pontos fracos no que concerne a uma ferramenta especializada de inativação no âmbito dos engenhos explosivos improvisados, o que pode conduzir à ineficiência do sistema ou dar origem a contramedidas contra procedimentos das equipas de reconhecimento e inativação de engenhos explosivos (AEODP-12, 2015, pp. 2-7 e 2-8)<sup>2</sup>. Ainda de acordo com esta referência, o nível de classificação, é determinado e da responsabilidade do originador do documento.

Por esta razão é de todo pertinente e de extrema importância resolver o problema acima descrito, trazendo soluções e respostas de modo a que se restaure a capacidade de operação remota dos Destacamento de Mergulhadores Sapadores (DMS), nesta área das operações militares.

Dada a importância e urgência na resolução desta problemática identificaram-se à partida duas questões para análise:

- Q.1 - A curto prazo, como reerguer a capacidade de operação remota com ROV, na Marinha Portuguesa?
- Q.2 - A médio/longo prazo, como reerguer a capacidade de operação remota com ROV, na Marinha Portuguesa?

## **Objetivos**

A realização, desta dissertação e projeto, pretendeu ser um ponto de partida para a recuperação da capacidade de operação remota, recorrendo a ROV, na execução de operações de reconhecimento e inativação de engenhos explosivos, pelas equipas do Destacamento de Mergulhadores Sapadores Nº 1 (DMS1), da Marinha Portuguesa. Partindo das duas questões anteriormente identificadas, a investigação

---

<sup>2</sup> “c. Vulnerabilities and/or weaknesses concerning specialized EOD tools or techniques that could lead to system ineffectiveness and countermeasures to EOD procedures when related to:

...  
(4) IEDs: Classified”.



pretendeu obter as respetivas respostas e algumas soluções técnicas, tendo sido dividida em duas partes, correspondentes às questões da investigação.

De forma a potencializar a rápida recuperação e operacionalização dos antigos ROV decidiu-se iniciar o trabalho pelo estudo das características pretendidas para os futuros ROV (1ª parte) e só então, dentro das possibilidades, realizar o projeto de recuperação (2ª parte) indo ao encontro dos requisitos delineados na 1ª parte, tendo em conta a viabilidade da reparação através dos estudos dos sistemas e as limitações físicas inerentes aos antigos ROV.

Assim nesta busca pela recuperação da capacidade de operação remota, partiu-se para o delimitar, delinear e identificar do rumo a seguir nos futuros projetos de construção e a rápida reoperacionalização dos antigos ROV, estabelecendo-se assim as hipóteses que dessem resposta às questões da investigação, e consequentemente à resolução do problema identificado:

- H.1 - Efetuar a rápida recuperação e operacionalização dos antigos ROV, atualmente inoperacionais, permitindo de uma forma temporária colmatar a lacuna ao nível da capacidade de execução de ações remotas, pelo DMS1.
- H.2 - Definir os Requisitos e Necessidades Operacionais que se deverão refletir na construção de futuros ROV, para o DMS1, que permitam reerguer desta capacidade vital.

## **Metodologia**

A investigação desenvolvida nesta dissertação de mestrado é apresentada na forma do sistema de referências da *American Psychological Association Publication Style* (APA). No entanto importa realçar que, numa lógica de clareza e de facilidade na identificação das referências ao correr do texto, e “ de forma a não cortar ou perturbar a continuidade da leitura e da compreensão da exposição por parte do leitor ”, se optou por usar o modelo - Título abreviado, data - nas citações, apenas no caso particular das publicações doutrinárias NATO e Nacionais, numa forma semelhante à

prevista para os diplomas legais, nas normas da Escola Naval (DIREÇÃO DE ENSINO, 2015, p. 24 a 26).

A investigação foi desenvolvida na linha do método dedutivo, pressupondo o uso de premissas (neste caso emanadas da doutrina NATO) para, por intermédio de raciocínio em ordem descendente, de análise da doutrina geral para o caso particular dos ROV, chegar a uma conclusão sobre os requisitos a aplicar na recuperação e projeção de futuros robôs (SILVA & MENEZES, 2005).

Visou-se essencialmente gerar um conjunto de conhecimentos teóricos para aplicação prática e dirigidos à solução de um problema específico, devolver às equipas dos Mergulhadores Sapadores a capacidade de operar remotamente com ROV terrestre, incrementando grandemente a segurança dos inativadores de engenhos explosivos. Desta forma a metodologia desta investigação considera-se “Aplicada” quanto à sua natureza (SILVA & MENEZES, 2005).

A sequência de redação, deste relatório da dissertação, não será apresentada pela ordem cronológica da sua execução, será em vez disso, apresentada pela ordem do encadeamento das ideias, ou seja, começando pelo estudo teórico com obtenção de resultados (requisitos operacionais) e posteriormente aplicando-os à parte prática de recuperação dos robôs, ainda que a prática tenha começado a ser desenvolvida antes e tenha terminado após a parte teórica.

À data de início deste projeto os ROV encontravam-se na Esquadilha de Submarinos sem utilização, fazendo parte de um espólio museológico. Com a autorização da Esquadilha de Submarinos foi possível deslocar um dos robôs, o S.A. *100 Hunter*, para o Departamento de AEL na Escola Naval e dar-se início à componente prática deste projeto.

O projeto deu assim início com a parte prática numa vertente exploratória das funções e funcionamento do antigo ROV. Nesta ótica procedeu-se à reparação do robô, como medida temporária para a recuperação de algumas funções básicas (capacidade de locomoção), através do estudo dos sistemas, realização de testes e análise de todos componentes que o constituíam. Teve ainda a finalidade de adquirir o conhecimento técnico sobre o funcionamento do robô. Com base nas conclusões

alcançadas efetuou-se um estudo de viabilidade para a sua reparação e as decisões a tomar nesse âmbito.

Posteriormente deu-se início à parte da pesquisa teórica. Ao mesmo tempo que permitiu traçar a linha dos futuros ROV a construir, permitiu também ir alimentando a recuperação alicerçada nos requisitos operacionais possíveis de integrar no antigo ROV. A metodologia empregue no decurso da investigação obedeceu ao proposto por Sarmento (2008) e alicerçou-se em diversos métodos de recolha de dados. A análise documental foi o método de recolha de informação privilegiado nesta parte da investigação. Do ponto de vista dos objetivos foi realizada uma pesquisa Exploratória, abordada quantitativamente, utilizando as técnicas de levantamento bibliográfico/documental sobre os temas que estão subordinados ao título. Desta parte da investigação resultaram a definição dos Requisitos Operacionais e o estudo do Estado da Arte (Indústria Robótica Móvel).

Realizaram-se ainda levantamentos/entrevistas junto de Oficiais Mergulhadores Sapadores, da Marinha Portuguesa, com experiência na área e que lidam com a problemática em estudo. Foram também analisadas algumas operações reais, de conhecimento público, de forma a estimular a compreensão sobre o impacto e a importância do estudo.

Após a definição teórica, a parte prática da dissertação encontrou base no método de observação direta, na realização de entrevistas e na recuperação do ROV existente, tendo em vista apurar a validade das hipóteses de investigação apresentadas. Através das entrevistas foram ainda recolhidas informações sobre as missões praticadas nos últimos anos, pelo DMS1, onde o empenhamento dos ROV era mais crítico e necessário, definindo-se desta forma quais seriam as Necessidades Operacionais.

A figura. 1 mostra graficamente, de forma resumida (justificação do tema, objetivos e metodologia), a marcha e o modelo metodológico adotado no decurso da projeto e as suas diferentes fases. Segundo Sarmento (2008, p. 7) “ as fases de um processo de investigação são a exploratória, analítica e conclusiva ”.

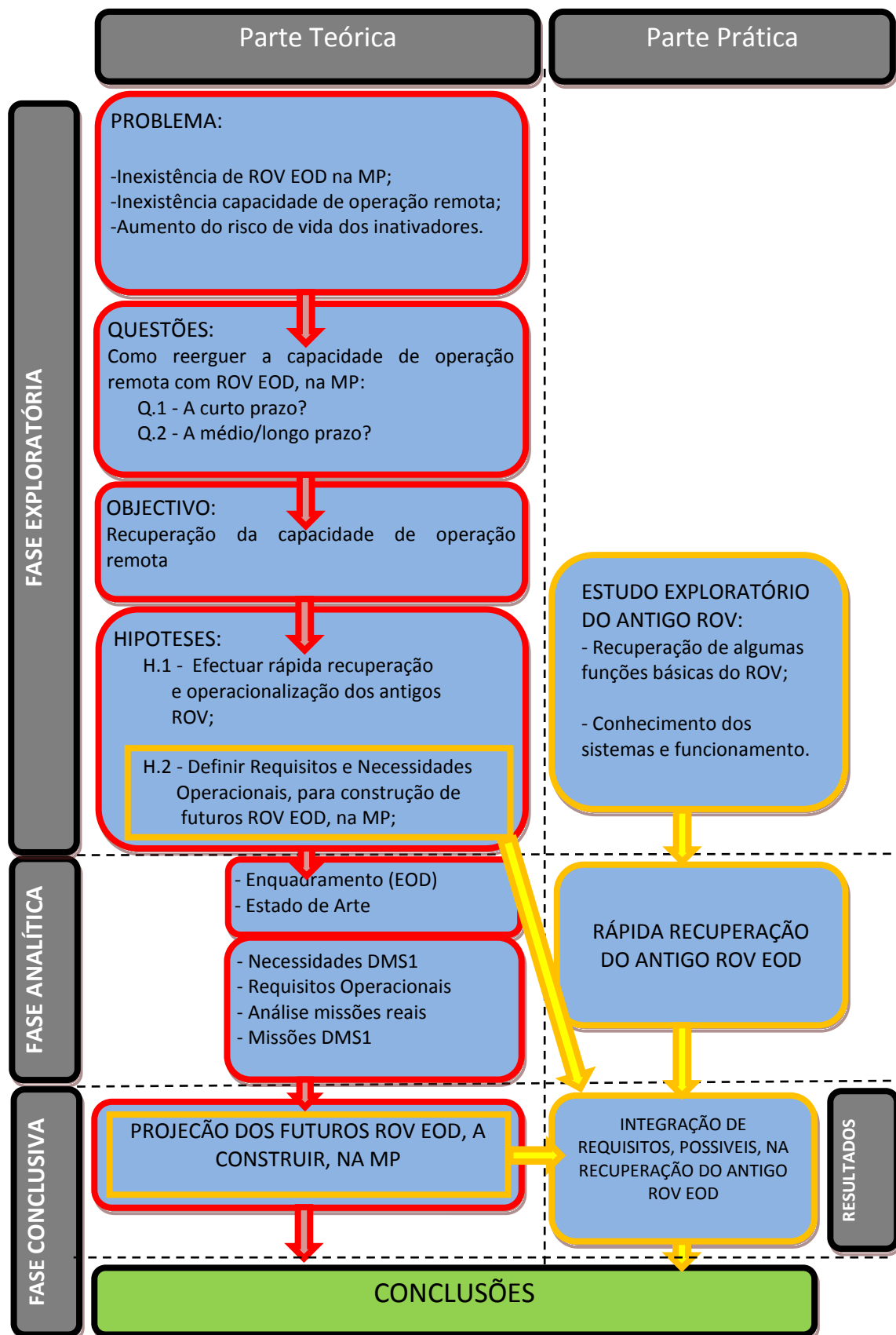


Figura 1. Marcha do projeto e Modelo metodológico

## 1. CORPO DE CONCEITOS E ENQUADRAMENTO

---

Neste capítulo, explana-se a base geral dos conceitos e da doutrina, que foram utilizados na redação desta dissertação. O enquadramento nos conceitos, subordinados ao tema, começará pelas definições dos termos mais importantes utilizados, que serão abordados individualmente e esclarecidas em que situações poderão assumir sentidos mais latos. Posteriormente será apresentada a filosofia e o conceito das operações, de reconhecimento e inativação de engenhos explosivos, que servirão de linha condutora no raciocínio dedutivo em relação aos requisitos operacionais a definir e à recuperação do ROV S.A. *100 Hunter*.

A partir deste capítulo, de forma a facilitar a leitura, o termo Marinha Portuguesa passará a ser referido como Marinha ou MP, e a designação do ROV S.A. *100 Hunter*, passará a ser feita apenas como *Hunter*.

### 1.1 Corpo de conceitos

Na introdução tentou evitar-se o uso de termos na forma inglesa por se tratar de um capítulo introdutório/apresentação do tema e da dissertação. A partir deste capítulo os termos técnicos da doutrina serão utilizados na sua forma inglesa, ainda que também sejam apresentados inicialmente os termos portugueses correspondentes, quando estes existam. Optou-se por este método por três razões que se explicam sucintamente: Em primeiro lugar, o facto de grande parte da doutrina ser de carácter multinacional e aliada, proveniente da NATO, não existindo para muitos termos, uma forma portuguesa oficial; Em segundo lugar, para que não se perca o significado original em tentativas de tradução, ou o facto de numa das línguas o mesmo termo poder ser mais ou menos abrangente/universal do que na outra; Por último, porque de forma geral a terminologia em inglês é aquela que, efetivamente é utilizada pelos operacionais que trabalham nesta área.

Serão apresentados os termos da doutrina da Marinha, apenas para os enquadrar nos termos da doutrina NATO, dado que alguma da bibliografia não sendo de origem NATO utiliza os termos da Marinha.

### 1.1.1 Engenheiros Explosivos – EO, UXO e IED

#### 1.1.1.1 EO - *Explosive Ordnance*

É um dos termos cujo significado mais se pode desdobrar. A classificação de um engenho como EO é independente da sua proveniência ou utilizador, tanto podendo ser utilizados tanto por forças amigas como por forças não amigas (STANAG 2143, 2005, p. 2)<sup>3</sup>. Mais detalhadamente a NATO define que se incluem neste grupo, todo o tipo de engenhos que contenham explosivos e agentes CBRN (“*Chemical, Biological, Radiological and Nuclear*”), independentemente do seu tipo, da sua origem industrial legal, clandestina ou improvisada (*Improvised Explosive Device* (IED)), ou de se encontrarem na sua forma completa ou por componentes similares ou relacionados de natureza (AAP-6, 2014, pp. 2-E-7)<sup>4</sup>. Fazem ainda parte deste grupo os engenhos explosivos não detonados (*Unexploded Ordnance* (UXO)) (ATP-72, 2006, pp. 1-1)<sup>5</sup>.

Embora não exista uma sigla de correspondência direta, definida na doutrina da Marinha, aquilo que se pode entender da leitura das páginas 1 e 2 da IOA 107, é que o termo que acompanha a definição da NATO é Engenho Explosivo.

**EEC – Engenho Explosivo Convencional**, é uma definição da doutrina da Marinha, e que cabe dentro do termo EO, não existindo este termo na NATO. Este é um pouco mais específico ao subdividir o *Explosive Ordnance* em Engenheiros Explosivos Convencionais. Resumidamente separa o EO, na sua generalidade, da EO que tenha “sido objeto de fabricação em linha de produção... utilizados normalmente por forças militares”:

“Agrupam-se na designação genérica de EEC todos os dispositivos destruidores ou letais, que contenham agentes explosivos, incendiários,

---

<sup>3</sup> “include a mixture of EO used by enemy forces, former belligerents and/or NATO nations”.

<sup>4</sup> “All munitions containing explosives, nuclear fission or fusion materials and biological and chemical agents. This includes bombs and warheads; guided and ballistic missiles; artillery, mortar, rocket and small arms ammunition; all mines, torpedoes and depth charges, demolition charges; pyrotechnics; clusters and dispensers; cartridge and propellant actuated devices; electro-explosive devices; clandestine and improvised explosive devices; and all similar or related items or components explosive in nature”.

<sup>5</sup> “EO, which includes unexploded explosive ordnance (UXO)”.

tóxicos, químicos, biológicos, propulsores, ou materiais de fissão, fusão ou radiação nuclear e que tenham sido objeto de fabricação em linha de produção, designadamente munições, granadas, bombas, minas, torpedos, mísseis, foguetes, pirotécnicos e outros, utilizados normalmente por forças militares.”

(IOA 107, 1996, p. 1)

#### **1.1.1.2 UXO - *Unexploded Ordnance***

É o termo atribuído a todo o EO que se encontra na situação de não detonado, após ter sofrido um qualquer estímulo, tecnicamente, suficiente para iniciar o seu normal funcionamento. Os engenhos nesta situação constituem sempre um perigo para as operações, instalações, pessoal ou material nas suas imediações, independentemente da causa da falha do engenho (AAP-6, 2014, pp. 2-U-1)<sup>6</sup>, por se encontrarem num estado de instabilidade podendo iniciar o seu funcionamento a qualquer momento.

Cerca de 10% de todo os EO pode ficar na situação de não detonada devido a mau funcionamento, esta percentagem pode ser ainda maior quando nos referimos a defeitos de fabrico. Sabendo que um engenho explosivo é constituído por uma cadeia de fogo, com vários dispositivos e cargas explosivas internas, se contarmos com 10% de mau funcionamento ou de defeitos de fabrico, em cada um desses componentes, é possível supor que nos campos de batalha existam bastantes UXO (STANAG 2143, 2005, p. 2).

À semelhança de EO, o termo UXO não tem na Marinha um termo técnico diretamente associado, no entanto da leitura da introdução da IOA 107 pode depreender-se que o conceito de “engenhos explosivos ... não detonado” ou UXO está integrado na definição de engenho explosivo convencional (EEC):

---

<sup>6</sup> “Explosive ordnance which has been primed, fused, armed or otherwise prepared for action, and which has been fired, dropped, launched, projected or placed in such a manner as to constitute a hazard to operations, installations, personnel or material and remains unexploded either by malfunction or design or for any other cause.”.

“Aspectos de concepção, fabrico, armazenamento e utilização, isolados ou concorrentes conduzem em percentagem não desprezável a avarias ou deteriorações de engenhos explosivos convencionais, os quais, limitando-se em tempo de paz à generalidade do armamento utilizado pelas Forças Armadas aliadas, constituem contudo em muitos casos perigo para o pessoal, material e instalações, quando encontrados no terreno, na situação de não detonados.”

#### **1.1.1.3 IED - *Improvised Explosive Device***

Designa os dispositivos ou engenhos colocados ou fabricados de uma forma improvisada que incorporando materiais, produtos ou agentes explosivos, nocivos pirotécnicos ou químicos incendiários, concebidos para serem letais ou destrutivos, têm o objetivo de destruir, incapacitar, confundir ou perturbar. Podem incorporar materiais ou componentes militares mas são frequentemente construídos usando componentes não-militares (AAP-6, 2014, pp. 2-I-2)<sup>7</sup>.

**EI – Engenho Explosivo Improvisado**, é a definição da doutrina da Marinha (IOA 107, 1996, p. 2) que, coincide com a definição de IED, da NATO.

Os IED são normalmente uma das componentes das ações de sabotagem<sup>8</sup>, terrorismo, atividades criminais, de desordem ou da insurgência<sup>9</sup>. São utilizados como meio na guerra assimétrica, sendo uma ameaça presente em todo o espectro dos ambientes de conflito (convencional/não convencional; regular/irregular) e mesmo em tempo de paz<sup>10</sup>. Para além dos efeitos destrutivos, diretamente associados à detonação do IED, os efeitos indiretos originados pelo medo e incerteza no meio

---

<sup>7</sup> “A device placed or fabricated in an improvised manner incorporating destructive, lethal, noxious, pyrotechnic or incendiary chemicals and designed to destroy, incapacitate, harass or distract.  
Note: It may incorporate military stores, but is normally devised from non-military components.”.

<sup>8</sup> Sabotagem - na doutrina da Marinha (IOA 107, 1996, p. 1).

<sup>9</sup> Para propósitos desta dissertação serão coletivamente designados de Inimigo.

<sup>10</sup> São uma característica dos Ambientes de Operação atuais (“are common in the Contemporary Operating Environment”) (AEODP-3 Vol.I, 2012, pp. 1-1); “em tempo de paz, uma ameaça semelhante à provocada pela presença de engenhos explosivos convencionais não detonados (IOA 107, 1996, p. 1).



operacional são bastante diversos e constrangedores para as operações, criando restrições aos movimentos e à proteção das forças. Assim o inimigo, a pouco custo, consegue obrigar ao empenhamento de meios adicionais e ao desvio esforços, levando ao permanente desgaste de forças militares, instituições de ordem pública e da população em geral. Um dos principais objectivos deste tipo de engenhos é manter um ambiente de ameaça permanente e dificultar o regresso à normalidade (AEODP-3 Vol.I, 2012, pp. 1-1).

A sua construção pode ser de base simples ou complexa, dependendo de vários fatores, como sejam a disponibilidade de explosivos e outros componentes no teatro de operações ou até do nível de conhecimentos técnicos do construtor.

Os componentes tecnológicos são normalmente obtidos através do aproveitamento eletrodomésticos e equipamentos de telecomunicações também prontamente disponíveis, e relativamente baratos. Existe mesmo a possibilidade de serem utilizados os conhecimentos e experiência de pessoal altamente qualificado<sup>11</sup>, solidários com as causas dos grupos que utilizam os IED (AEODP-3 Vol.I, 2012, pp. 1-1).

Os explosivos e alguns dos componentes utilizados nos IED têm tipicamente três fontes (AEODP-3 Vol.I, 2012):.

- Explosivos Militares: abandono de EO e/ou de resíduos explosivos (*Explosive Remnants of War* (ERW) (AEODP-3 Vol.I, 2012, pp. 1-1));
- Explosivos Comerciais;
- Explosivos de fabrico caseiro (*Home-Made Explosive* (HME)).

Embora não se possa definir um padrão de construção dos IED, é possível através de investigações rigorosas, evidenciar uma “marca” ou tendência nas construções ou mesmo um *modus operandi*, e assim adaptar as TTP ao local das operações (AEODP-3 Vol.I, 2012, pp. 1-1).

Na doutrina da NATO os IED são classificados em três categorias, de acordo com o método de operação (AEODP-3 Vol. II, 2012):

---

<sup>11</sup> “It is even possible that some hostile nations may engage their national scientific resources and explosives expertise in IED design and construction”.

- Temporizadores (*Time Operated*)<sup>12</sup>:
  - Antipessoal;
  - Anti propriedade;
  - Anti forense.
- Operados pela vítima (*Victim Operated*)<sup>13</sup>;
- Operação Remota (*Command Operated*)<sup>14</sup>:
  - Fio (*Command Wire IED (CWIED)*)<sup>15</sup>;
  - Controlo Rádio (*Radio Control IED (RCIED)*)<sup>16</sup>;
  - Suicida (*Suicide IED*).

## 1.1.2 Inativação de Engenhos Explosivos - EOD, EOR e IEDD

### 1.1.2.1 EOD - Explosive Ordnance Disposal

Segundo a AAP-6 (2014, pp. 2-E-7) as operações EOD incluem “a deteção, identificação, avaliação no local, tornar seguro ou neutralização, recuperação e eliminação final dos UXO”<sup>17</sup>. A NATO considera que a EOD é uma função vital na persecução das operações na medida em que as forças EOD são empenhadas para contraditar a ameaça originada pelos EO, na qual se incluem os UXO (ATP-72, 2006). Mais adiante será apresentado o termo *IED Disposal* (IEDD), no entanto podemos já entender que se os IED estão incluídos no EO, também a IEDD estará incluída na EOD.

**IEE – Inativação de Engenhos Explosivos**, é o termo na doutrina da MP equivalente a EOD. Este define que se trata de uma operação que utiliza um “conjunto de procedimentos e ações conduzidas com o objetivo de garantir que os engenhos

---

<sup>12</sup> Operaram com um atraso pré-determinado, podendo ser temporizadores mecânicos ou eletrónicos, igníferos ou pirotécnicos.

<sup>13</sup> Concebidos de forma que a vítima cause o funcionamento do engenho explosivo.

<sup>14</sup> Permitem que seja escolhido o momento do funcionamento do engenho explosivo.

<sup>15</sup> Possui uma ligação física de fio entre o Ponto de Disparo (*Firing Point (FR)*) e o Ponto de Contato (*Contact Point (CP)*).

<sup>16</sup> A ligação, entre o FR e o CP, é feita por um equipamento que utiliza o espectro eletromagnético.

<sup>17</sup> “The detection, identification, onsite evaluation, rendering safe, recovery and final disposal of unexploded explosive ordnance.”.

explosivos detetados deixem de constituir perigo para o pessoal, material ou instalações, ou de prejudicar a execução de outras operações”<sup>18</sup>. Ainda, consoante a natureza dos engenhos a explosivos, alvo, subdivide as operações IEE ou EOD em:

- **“Operações de inativação de engenhos explosivos convencionais (IEEC);**
- **Operações de inativação de engenhos explosivos improvisados (IEEI).”**

(IOA 107, 1996, p. 3)

Na NATO entende-se como incidente EOD a suspeita ou deteção da presença de um UXO, ou EO em condições anómalas<sup>19</sup>, que tenham implicações na segurança de pessoas, material, instalações ou no normal desenvolvimento das operações (AAP-6, 2014, pp. 2-E-7). A Marinha Portuguesa acrescenta ainda a esta definição a “deteção de objeto suspeito” ou “rebentamento e ou incêndio de origem não identificada” (IOA 107, 1996, p. 2)

Das definições anteriores, entende-se que o termo EOD é bastante abrangente, paralelamente com o termo EO, referindo-se a todas as ações que envolvam a pesquisa, reconhecimento e inativação de todos os EO<sup>20</sup>, de objetos suspeitos e ainda de incidentes passíveis de terem origem em engenhos explosivos.

EOD é frequentemente utilizado em sentido mais lato, que não desvirtua o seu significado mas que serve para adjetivar outros termos, de forma a associá-los à temática EOD. São exemplos disso, os casos de equipa EOD ou *EOD Team* (EODT) (AAP-15, 2015, pp. E-7), ROV EOD ou Operador EOD entre outros.

No âmbito da ameaça da EO, as forças EOD são empenhadas com o objetivo de assegurarem a proteção do pessoal e do material, e apoiar na manutenção e restauração da liberdade de movimentos das forças amigas em todo o espectro das operações. São ainda, empenhadas para apoiar na restauração da normalidade após

---

<sup>18</sup> “Não são considerados como objeto de operações de IEE os engenhos explosivos” com “anomalias decorrentes do fabrico, transporte e armazenamento” ou “Deteções no âmbito das operações de contramedidas de minas” (Mine Counter-Measures (MCM)) (IOA 107, 1996, p. 3).

<sup>19</sup> Não inclui o armar accidental ou outras condições desenvolvidas durante a manufatura, manutenção técnica, colocação de campos de minas ou cargas de demolição (AAP-6, 2014, pp. 2-E-7).

<sup>20</sup> Na forma em que foi definida no subcapítulo 1.1.1.

um conflito, através da redução e/ou eliminação da ameaça EO no terreno (ATP-72, 2006).

#### **1.1.2.2 EOR - Explosive Ordnance Reconnaissance**

Designa o conjunto de ações, desenvolvidas por agentes de reconhecimento de engenhos explosivos ou agentes EOR, envolvendo a investigação, deteção, localização, marcação, identificação preliminar e relato de UXO suspeitos, de forma a determinar ações futuras (AAP-6, 2014, pp. 2-E-7).

Resumidamente trata-se da coleta de informação sobre a situação de um UXO ou EO numa área limitada, e que pode ser desempenhada por pessoal, não EOD, com treino EOR. A inativação não faz parte das funções dos agentes EOR (ATP-72, 2006, pp. 3-4).

**REE – Reconhecimento de Engenheiros Explosivos**, é a definição da Marinha em linha com a de EOR da NATO, sendo que atribui ainda aos agentes REE a funções, de após deteção e identificação preliminar de um UXO, de “ avaliar os riscos daí decorrentes, aconselhar medidas de proteção e segurança adequadas ao incidente, avaliar a necessidade e recomendar as condições de emprego duma equipa de inativação.”.

Ainda em linha com a definição da NATO a Marinha descarta os agentes REE de qualquer procedimento de EOD, para além das ações já definidas para os agentes REE: “em caso algum poderão ter contacto físico direto ou indireto ou movimentar o obieto detetado.” (IOA 107, 1996, p. 2).

#### **1.1.2.3 IEDD – Improvised Explosive Device Disposal**

À semelhança do conceito de EOD, as operações IEDD referem-se a eliminação em segurança dos IED, e incluem a “localização, identificação, tornar seguro ou neutralização e eliminação final dos IED”<sup>21</sup> EOR (ATP-72, 2006, pp. 3-4), por pessoal

---

<sup>21</sup> “includes the location, identification, rendering safe and final disposal of IEDs.”.

devidamente treinado, autorizado e com um profundo conhecimento nesta área de especialização (AEODP-3 Vol.I, 2012, pp. 1-1).

É uma das componentes na luta para derrotar a ameaça<sup>22</sup> IED dentro do conceito mais abrangente de combater o IED ou *Counter-IED* (C-IED). Enquanto IEDD se concentra no engenho, C-IED procura identificar e atacar/derrotar todo o sistema IED do inimigo<sup>23</sup> (AEODP-3 Vol.I, 2012, pp. 1-2).

Conforme já foi referido, na definição do conceito EOD, IEDD é apenas uma parte dentro do EOD. E embora algumas linhas orientadoras, na abordagem aos incidentes, sejam similares é necessário considerar o alto grau de desconhecimento e incerteza que os IED apresentam, face aos incidentes com engenhos convencionais.

Deve ser considerada a possibilidade de incidentes com “*improvised CBRN devices*”, simples e complexos, ou com materiais tóxicos nas proximidades do IED (AEODP-3 Vol.I, 2012, pp. 1-2).

**IEEI – Inativação de Engenhos Explosivos Improvisados**, como já foi demonstrado na definição IEE da Marinha, IEEI tem a mesma caracterização que IEEC sendo que a sua distinção apenas se faz pela natureza do engenho explosivo a inativar, se convencional ou improvisado.

### 1.1.3 ROV - Remotely Operated Vehicles

Os veículos de controlo remoto ou “*Remotely Operated Vehicles*” – ROV (AAP-15, 2015, pp. R-10), são robôs que estão capacitados de locomoção pelos seus próprios meios, sendo que existem diferentes ambientes onde se deslocam tais como no ar, na água ou em terra. Em regra, são operados por humanos podendo ter determinadas ações que possam ser automatizadas e sem intervenção do controlador.

O mundo da robótica é um assunto que se revela em constante evolução, sendo que o seu aparecimento é relativamente recente e o que hoje existe resulta de

---

<sup>22</sup> “*Defeat the Device Pillar*”.

<sup>23</sup> C-IED inclui 3 pilares vitais, todos apoiados na compreensão e nas informações (*intelligence*): atacar a rede (*Attack the Networks*); derrotar o IED (*Defeat the Device*); e preparar a Força (*Prepare the Force*) (AEODP-3 Vol.I, 2012, pp. 1-2).

várias décadas de desenvolvimento. A robótica móvel é a mais recente das vertentes da robótica e sobre o qual está subordinado o tema da dissertação.

Existem atualmente, numerosas empresas que constroem ROV terrestres para as mais diversas áreas de operação incluindo para serviços de emergência, forças de segurança e forças militares. No âmbito desta investigação irão ser analisados vários ROV existentes no mercado especialmente dedicados ao reconhecimento e inativação de engenhos explosivos.

Uma componente cada vez mais forte no mundo dos ROV é a eletrónica e os melhoramentos que tem proporcionado ao nível das unidades de comando e controlo, cada vez mais intuitivas e operacionalmente adequadas.

Embora se possa observar um ligeiro padrão estrutural nos vários ROV existentes no mercado, cada empresa desenvolve o seu conceito, no entanto existem dois componentes que marcadamente se evidenciam em todos os ROV são a plataforma que serve de chassis (NORTHROP GRUMMAN, s.d.), com sistema de locomoção, e o braço manipulador que pode carregar sensores, câmaras, ferramentas ou armas.

No contexto dos ROV analisados durante a investigação, interessa nesta fase introduzir alguns conceitos sobre os componentes mais comuns existentes nos ROV. De forma a facilitar o entendimento serão usadas diversas figuras com exemplos dos componentes.

#### **1.1.3.1 Plataforma**

Local onde por norma se encontram os motores, as unidades de comando e controlo e todo o *hardware* de funcionamento do robô. Serve ainda de chassis (Northrop Grumman, sd) onde trabalham os braços manipuladores e os sistemas de locomoção dos ROV. Outra função é a proteção física, contra os impactos e elementos ambientais, dos sistemas eletrónicos, para além de alojar de forma mais compacta, esses mesmos componentes, ou seja, a plataforma é o local onde se encontram o cérebro e coração do robô.

A forma de locomoção pode variar de construtor para construtor ou pela função e terreno para os quais foi idealizado. Os tipos de locomoção mais frequentes são por eixos de rodas e por lagartas, simples ou do tipo *Flippers*<sup>24</sup> (IROBOT, 2015).

#### **1.1.3.2 Braço manipulador**

O braço é um componente recorrentemente utilizado por todos os fabricantes como solução para manipular engenhos, objetos suspeitos, carregar ferramentas e sensores, ganhar acesso ou para inspeção de locais de difícil acesso ou qualquer função inopinada que o braço consiga cumprir. Normalmente também carrega vários periféricos eletro-óticos para transmissão, em direto, das imagens de vídeo para análise, no posto de controle, e para facilitar a condução do ROV.

O braço pode ser constituído por várias articulações que trabalham com diferentes ângulos desde rotações completas a ângulos limitados (torre, ombro, cotovelo e pulso) (Melco, 2008). A torre é a base do braço manipulador que permite ao braço executar rotações, normalmente de 360°, relativamente à plataforma.

Associados aos braços existem mais três conceitos a reter, braços modulares<sup>25</sup> (QINETIQ, 2015) braços prontos para disruptores<sup>26</sup> (QINETIQ, 2015) e braços telescópicos<sup>27</sup> (NORTHROP GRUMMAN, s.d.).

#### **1.1.3.3 Manipulador**

O manipulador, também algumas vezes designado de garra (Melco, 2008), é uma ferramenta básica existente em praticamente todos os ROV EOD. Ainda que alguns ROV, exclusivos para EOR, não carreguem este componente alguns permitem acoplar módulos com manipulador (IROBOT, 2015).

---

<sup>24</sup> “*Flipper*” - Estrutura de secundária de lagartas num dos eixos rotativos da lagarta principal, que permite alterar a sua posição vertical em relação à plataforma. Por norma, funcionam em pares com o flippers do lado oposto.

<sup>25</sup> “Modular payloads” - permite adaptar o braço conforme a tarefa e os equipamentos a transportar.

<sup>26</sup> “Disruptor-ready” – têm robustez física para resistir ao disparo de um disruptor montado no braço.

<sup>27</sup> Para vistoria e trabalho em locais de difícil acesso.

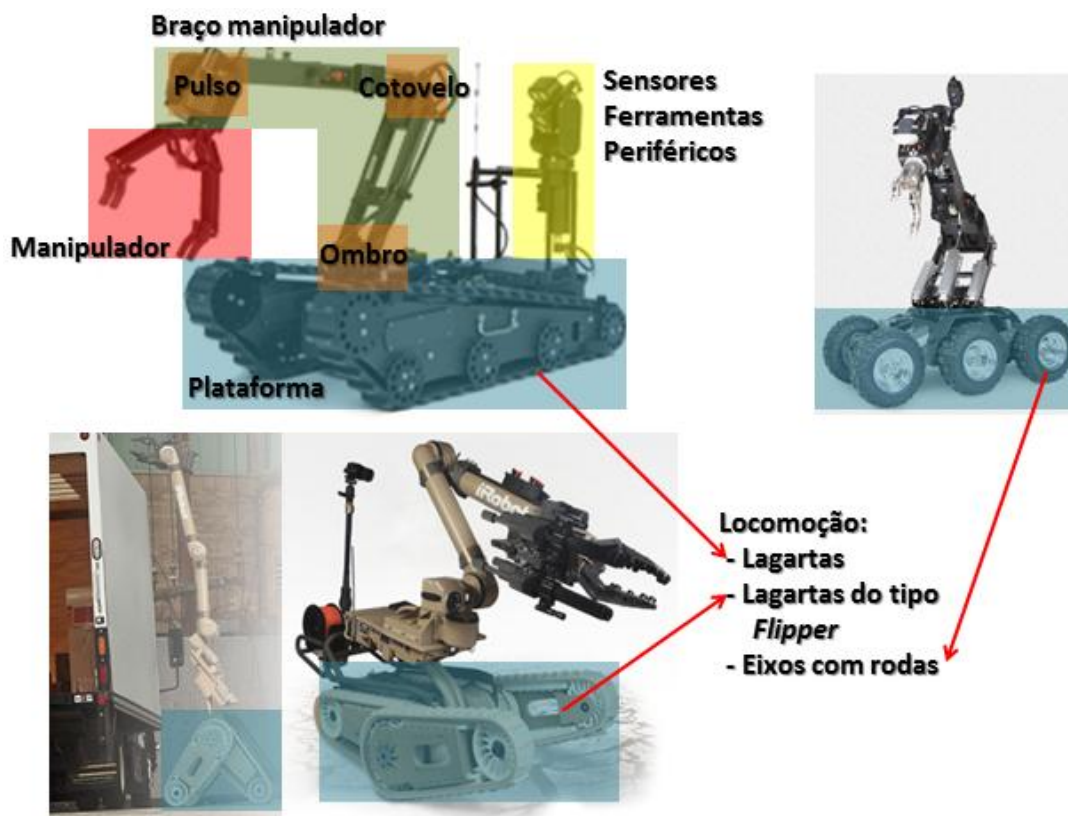


Figura 2. Principais componentes estruturais de um ROV EOD terrestre ( (NORTHROP GRUMMAN, s.d.) (IROBOT, 2015).



Figura 3. Braço manipulador: Modular payloads e Disruptor- ready (IROBOT, 2015).



## 1.2 Enquadramento

### 1.2.1 Histórico

Remontam ao final do século XIX e início do século XX, as primeiras inativações de engenhos explosivos improvisados documentadas, principalmente dinamite proveniente de explorações mineiras, resultantes de ataques por parte do *Irish Republican Brotherhood* (IRB), no denominado período “*Fenian Dynamite campaign*”<sup>28</sup>, as infraestruturas e entidades do Reino Unido, que cerca de um século mais tarde evoluiria para o grupo armado conhecido como *Irish Republican Army* (IRA) (FAHIM, 2010).

Na Irlanda do Norte, por volta de 1970, uma nova problemática surgiu após os ataques da campanha terrorista do grupo armado IRA<sup>29</sup>. No espaço de um ano<sup>30</sup>, o *Royal Army Ordnance Corps* (RAOC) perde oito *Ammunition Technical Officers* (ATO)<sup>31</sup> resultado das opções muito limitadas disponíveis para um operador diante de um IED. Os carros-bomba eram a nova problemática e devido às suas dimensões eram associados a grandes engenhos explosivos com impacto em áreas consideráveis. Havia necessidade de modificar os procedimentos e equipamentos, e é então que o reservista, o Tenente - coronel Peter Miller se voluntaria para tentar acabar com as mortes dos operadores EOD. Embora não houvesse nenhuma ideia de como lidar com um carro-bomba percebeu-se que a capacidade de movimentá-lo para uma zona de segurança era solução inicial (HAWKINS, 1998). Segundo palavras do próprio Tenente-coronel Miller a uma entrevista:

" I then remembered that I had invented a delightful labour-saving technique when I modified my lawnmower. This seemed a possible solution to the problem, so I went to a local garden centre with the intention of buying a

---

<sup>28</sup> 1867-1885.

<sup>29</sup> “From 1969 until 1997, the IRA conducted an armed paramilitary campaign primarily in Northern Ireland and England, aimed at ending British rule in Northern Ireland in order to create a united Ireland” (DODDS, 2005).

<sup>30</sup> 1971-1972.

<sup>31</sup> ATO – Oficiais Técnicos de Munições.

guttered lawnmower. The sales manager suggested that the chassis of an electrically powered wheelbarrow might be suitable. I thought it was ideal and bought one on the spot." (SMITH, 2001).

Constrói-se o primeiro *Wheelbarrow* que é entregue num período extremamente curto após a sua solicitação, tratando-se de uma solução acima de tudo muito prática e barata. No entanto após ser rebocar o veículo suspeito para longe do alvo era necessário que o operador EOD tornar o veículo seguro. Ao projeto inicial é então desenvolvido uma gama de acessórios que permitiu ao *Wheelbarrow* transportar e posicionar disruptores<sup>32</sup> (HAWKINS, 1998).

Iniciou-se neste período, o nascimento de novos métodos e técnicas que bastante bem-sucedidas, acompanhando as evoluções ao longo das décadas até aos dias de hoje, permitindo salvaguardar a vida humana não colocando em risco de vida os operador EOD durante estas ações. A experiência adquirida pelas Forças Armadas Inglesas na área do EOD em mais de 50 anos a combater o IRA continua a ser uma referência na formação, procedimentos e doutrina para os países membros da NATO (BARROSO, 2015).

Anos mais tarde, surgem os Estados Unidos América (EUA), numa 1ª fase da guerra do Golfo<sup>33</sup> sem estarem preparados para a ameaça IED utilizada pelos insurgentes no Iraque. Prova disso foi o número significativo de baixas nas Forças Armadas Americanas, mais de 65%, provocadas pela detonação de IED. Na sequência desta realidade, os EUA alteraram por completo a sua abordagem em relação aos teatros de operações onde a ameaça IED estava presente. A estratégia englobou um forte investimento em tecnologia, formação, procedimentos e doutrina. Entre as quais, podemos dar particular ênfase, à robótica para a componente EOD (BARROSO, 2015).

---

<sup>32</sup> *Pigstick* – ferramenta disruptora de proximidade que utiliza como projétil água a alta velocidade.

<sup>33</sup> Início da década de 90.

### **1.2.2 Portugal e as ameaças atuais**

Em Portugal, após o 25 de Abril de 1974, iniciou-se um período marcado por diversas manifestações de violência, sendo que entre os anos de 1980 e 1987, a organização conhecida como Forças Populares 25 de Abril (FP-25) com conotações políticas à extrema-esquerda foi responsável por 17 assassinatos, 66 atentados à bomba e 99 assaltos a bancos, com recurso a engenhos explosivos e incendiários (GRÁCIO, 2011, p. 16).

Os atentados a Madrid a 11 de março de 2004 foram uma realidade muito próxima do território nacional na qual morreram 191 pessoas e 1857 ficaram feridas. É um aviso claro que este tipo de ameaças não é assim tão distante e estar preparado para este tipo de eventualidades é uma necessidade (RIBEIRO, 2014).

Segundo Ramos (2014), a 1 de julho de 2014, o Estado Islâmico (EI) proclama a reconquista do Califado e apela diretamente aos seus seguidores e apoiantes para combaterem aqueles que prejudicaram o Islão. Nesta propaganda afirmam que nos próximos cinco anos, o Califado se irá estender até meio do continente africano e incluir a Península Ibérica, os Balcãs e zonas do Império Otomano, alcançando a Índia. Este é mais um exemplo do tipo de ameaças que todos os países Europeus e pertencentes à NATO têm de estar preparados para reagir.

### **1.2.3 Organização EOD na Marinha Portuguesa**

#### **1.2.3.1 Áreas de responsabilidade:**

No âmbito do objeto de estudo, os ROV EOD terrestres, a Marinha Portuguesa é responsável por realizar operações EOD nas seguintes áreas:

- “ (1) ...em todas as áreas sob jurisdição das autoridades marítimas;
- (2) Nas instalações ou áreas terrestres pertencentes à Marinha, bem como em quaisquer outras que lhe tenham sido confiadas para efeitos operacionais ou de segurança;
- (3) Nas áreas onde forças ou unidades da Marinha tenham sido as últimas a realizar exercícios com fogos reais;

(4) Noutras áreas, fora de jurisdição da Marinha, desde que as suas características ou a natureza da tarefa ali a executar aconselhem o emprego de pessoal da Marinha.

b. Poderá ainda ser atribuída à Marinha, e por solicitação do Chefe do Estado-Maior General das Forças Armadas, a responsabilidade pela execução de operações de REE e de IEE, relativas a incidentes com engenhos explosivos convencionais, em qualquer ponto do território nacional ou área de operações das Forças Armadas. ”

(IOA 107, 1996, p. 3 e 4)

#### **1.2.3.2 Responsabilidade pela condução e execução das operações:**

A condução de operações EOD compete ao Comando Naval (CN), podendo ser delegada nos Comandos de Zona Marítima (CZM) apenas a condução de operações EOR, exceto “nas instalações e áreas de operação anteriormente ocupadas por forças opositoras”.

A execução das operações EOR compete às várias equipas EOR do CN e dos CZM com formação para o efeito, exceto na mesma situação apontada no parágrafo anterior competindo nesse caso às Unidades de Mergulhadores a execução de operações EOR.

A execução das operações EOD, na vertente da inativação de engenhos explosivos, na Marinha Portuguesa compete exclusivamente ao CN através das Unidades de Mergulhadores.

(IOA 107, 1996, p. 4)

Na organização interna do Agrupamento de Mergulhadores está cometida aos Destacamentos de Mergulhadores Sapadores Nº1 e Nº3, sendo que esta dissertação se foca nos ROV EOD terrestres o destinatário alvo será o Destacamento de Mergulhadores Sapadores Nº1, dado que é o responsável por manter equipas de prontidão e executar este tipo de operações no âmbito terrestre, estando o Destacamento de Mergulhadores Sapadores Nº3 dedicado exclusivamente à guerra de

minas e contramedidas (*Mine Counter-Measures (MCM)*), em ambiente marítimo (IONAV 8000, 2013).

A doutrina, princípios e filosofia de operação EOD descrita nas publicações NATO foi ratificada e adotada pela Marinha, com ligeiras adaptações à realidade nacional promulgadas essencialmente na IOA109 (1995) e IOA107 (1996). Ao nível dos procedimentos técnicos EOD e EOR as Unidades de Mergulhadores Sapadores utilizam exclusivamente as fontes NATO para formação, treino e operação.

#### 1.2.4 Congéneres noutras Forças em Portugal

Esta parte do enquadramento serve para, de forma sucinta enquadrar a realidade da utilização de ROV EOD em Portugal. Tendo em conta que existe alguma dificuldade em encontrar fontes bibliográficas, para referência deste assunto, optou-se por recorrer a informação como comunicados oficiais das instituições e trabalhos editados pelas mesmas e ainda a artigos jornalísticos e informação disponível na internet, em que de alguma forma é feita referência aos ROV EOD ou ao seu uso atual. Alguns dos artigos completos podem ser consultados no Anexo C.

##### 1.2.4.1 Exército:

Do sítio na internet do Exército Português, é possível ler um comunicado oficial de uma missão executada pelo Regimento de Engenharia Nº 1, através do Grupo de Equipas EOD, em 7 e 8 de Janeiro 2015, em que recorreu ao uso de um ROV EOD, neste caso o *tEODor* da empresa Cobham (antiga TeleRob):

“... operação de abertura à distância e destruição de contentores metálicos contendo materiais industriais facilmente inflamáveis, em apoio a uma



Figura 4. tEODor do Exército Português (2015)

empresa do Parque de Resíduos da Chamusca.

Na sequência de várias tentativas de abertura dos contentores manualmente e também por meios mecânicos, tendo ambas as situações resultado em deflagrações descontroladas... Através do emprego de um Veículo de Controlo Remoto (VCR) “tEODor” operado à distância, para colocação e detonação de cargas lineares de corte de aço, o GrEqEOD apresentou uma modalidade de ação com baixo nível de risco.”

(EXÉRCITO PORTUGUÊS, 2015)

#### 1.2.4.2 Força Aérea Portuguesa (FAP):

Do sítio na internet, do Centro de Treino de Sobrevivência da Força Aérea (CTSFA), consultando a seção referente ao Curso de Reconhecimento e Inativação de Engenheiros Explosivos, é possível verificar que a FAP a operar o ROV EOD *Wheelbarrow* da NORTHROP GRUMMAN Electronic Systems (FAP, 2015).



Figura 5. Wheelbarrow da FAP (FAP, 2015)



Figura 6. Wheelbarrow da FAP (modelo antigo) (MACHADO, 2015)

Ainda num artigo da revista Operacional, sobre exposição SEGUREX 2015, Salão Internacional de Protecção e Segurança, que decorreu entre 6 e 9 de Maio de 2015, é possível verificar que a FAP possui um outro ROV EOD *Wheelbarrow*, embora uma versão mais antiga, que apresentou na exposição SEGUREX 2015 (MACHADO, 2015).

#### 1.2.4.3 Guarda Nacional Republicana (GNR)

A partir da consulta de um trabalho de investigação aplicada, da Academia Militar por Grácio (2011, p. 87 e 88), retira-se a informação de que as equipas EOD ou “Equipas de Inactivação de Engenhos Explosivos (EIEEX) ” da GNR, estavam em, 2011, equipadas com dois tipos de ROV EOD.

A estrutura do “Centro de Inactivação de Explosivos e Segurança em Subsolo (CIESS) ” compreende uma “Secção de Inactivação de Engenhos Explosivos (SIEE) ”, onde estão incluídas as suas duas EIEEX:

Anexo S demonstra o equipamento de referência das EIEEX do CIESS. Salienta-se que ao nível do equipamento de protecção, estas equipas são as únicas no universo do SIEE que dispõem do Fato de Protecção EOD 9 e dos ROV no âmbito da componente da inactivação.”

DESIGNAÇÃO	QUANTIDADE	EXISTÊNCIAS
Veículo de Controlo Remoto com capacidade NRBQ de pequeno porte	2	1
Veículo de Controlo Remoto com capacidade NRBQ de grande porte	2	1

Tabela 1. “Quadro S.1. Equipamento das EIEEX do CIESS” (GRÁCIO, 2011).

“ O “ Em termos aproximados, refere-se que o valor do modelo VCR Telexmax (pequeno porte)<sup>34</sup> é de 307 000€ e do VCR Defender (grande porte)<sup>35</sup> é de 500 000€ ”

#### 1.2.4.4 Polícia de Segurança Pública (PSP):

Num artigo de uma revista, acerca do exercício “SETA 2013” de protecção do porto de Setúbal, desenvolvido pelas Autoridades Portuária e Marítima do Porto de Setúbal, é possível ler que “A resposta operacional em terra ficou a cabo ... do Centro de Inativação de Explosivos (CIEXSS) da Unidade Especial de Polícia (UEP), da PSP”. Da foto associada ao artigo é possível visualizar os agentes da PSP a operarem com um ROV EOD, neste caso o Vanguard MKII da empresa Allen Vanguard (MOURA, 2013).

---

<sup>34</sup> Ligeiro

<sup>35</sup> Pesado





**Figura 7. Vanguard da PSP (1) (MOURA, 2013)**

Também num blog dedicado à semana da Segurança e Proteção Civil do ISLA – Lisboa 2011, é possível visualizar o “Centro de Inativação de Explosivos e Segurança em Subsolo a remover, com o uso de um robot, o explosivo” utilizando o ROV EOD, Vanguard MKII (SARAMAGO, 2011).



**Figura 8. Vanguard da PSP (2) (SARAMAGO, 2011)**



## **2. A DOCTRINA, OS PRINCÍPIOS E A FILOSOFIA DAS OPERAÇÕES EOD APLICADA AOS ROV**

---

Neste capítulo será exposta a abordagem, feita pela NATO, às operações EOD e entender o porquê dos ROV EOD, para a NATO, serem uma ferramenta comum e elementar no apoio às operações EOD e dos militares que as executam. Não será objetivo deste capítulo expor pormenorizadamente toda doutrina EOD ou todos os procedimentos, mas sim onde estão as bases da necessidade de atuar com ROV EOD, em cenários onde a ameaça do EO, incluindo IED, está presente. Como se verificou nas definições, em torno dos explosivos e sua inativação, a ameaça do EO está presente tanto em cenários de conflitos como em cenários de paz, seja pelas variadas formas de instabilidade social seja por consequência de antigos conflitos, em áreas já pacificadas onde a presença de EO, em especial de ERW, continuam a constituir uma ameaça.

### **2.1 Doutrina**

#### **2.1.1 EOD**

Para qualquer tipo de operação EOD a NATO define através do ATP-72 o que entende serem os princípios gerais de comando e controle, conceitos, procedimentos e responsabilidades a aplicar pelas nações aliadas, abrangendo os princípios de segurança para operações EOD multinacionais e nacionais. A NATO considera que esta publicação estabelece padrões de emprego eficientes, eficazes e seguros para todas as forças da aliança, e que portanto a falha em aderir ao estabelecido no ATP-72 coloca as vidas dos militares e civis em risco. Como se viu anteriormente a atividade das forças EOD, é uma função vital na persecução dos objetivos militares<sup>36</sup>, na medida em que essas forças são empenhadas para contraditar uma ameaça com alto poder de destruição e bastante constrangedora das restantes operações militares e da vida

---

<sup>36</sup> A título de exemplo, conforme visto no subcapítulo 1.2.1, nos atuais cenários de combate dos EUA, cerca de 65% dos mortos em combate resultou do uso de IED, pelo inimigo.

quotidiana das populações. As operações EOD são um ponto-chave para a liberdade de movimentos das forças<sup>37</sup>, proteção de força<sup>38</sup> e outras operações militares.

Em operações multinacionais apenas o *EOD Staff*, as unidades EOD, engenheiros especializados e mergulhadores sapadores<sup>39</sup> planeiam e conduzem operações EOD. No decorrer das operações EOD multinacionais têm de ser aceites e compreendidas por todos os intervenientes as *Standard Operating Procedure (SOP)*<sup>40</sup>, as linhas orientadoras, os processos, as restrições e os regulamentos gerais de segurança. A par das capacidades e recursos EOD, as capacidades de Comando e Controlo (C<sup>2</sup>) são prementes neste tipo de operações.<sup>41</sup>

(ATP-72, 2006)

As ações EOD, nas quais se incluem as operações IEDD, estão alicerçadas numa sequência de procedimentos, e que servem de linhas orientadoras ou modos de ação, ainda que possam e devam ser adaptados perante as diferentes situações operacionais:

- Procedimentos de Acesso - *Access procedures*: Localizar e ganhar acesso ao UXO ou IED;
- Procedimentos de Diagnóstico - *Diagnostic procedures*: Identificar e avaliar o UXO ou IED;
- Procedimentos de inertização ou “tornar seguro” - *Render-Safe Procedures (RSP)*: Aplicação de métodos e ferramentas EOD<sup>42</sup> que efetuam a interrupção de funções ou a separação de componentes essenciais dos UXO ou IED, de forma a prevenir uma detonação inaceitável<sup>43</sup>:

---

<sup>37</sup>“*Freedom of Movement: ...clearing sea or land Lines of Communication (LOCs), Ports of Disembarkation (PODs), Deployed Operating Bases (DOBs), Main Supply Routes (MSRs) ... route clearance, Military Search, deliberate area clearance, and minefield operations involving a known or probable threat of UXO and mines*” (ATP-72, 2006, pp. 3-2).

<sup>38</sup> *Force Protection*.

<sup>39</sup> *Clearance Divers*.

<sup>40</sup> Procedimentos Operacionais Padrão.

<sup>41</sup> Informação mais detalhada sobre a organização C<sup>2</sup> EOD pode ser encontrada no ATP-72 (2006).

<sup>42</sup> “*application of special explosive ordnance disposal methods and tools*”.

<sup>43</sup> “*freezing, gagging clockwork*”; “*disruption of components or neutralization of the filler (explosive or otherwise)*”.

- Inibição – *Inhibition*: De natureza temporária (congelamento, travamento de mecanismos mecânicos, etc.);
- Disrupção/Neutralização - *Disruption/Neutralization*: Separação, geral ou precisa, de componentes da cadeia de fogo ou neutralização do conteúdo explosivo da EO.

(AEODP-7, 2004, pp. 2-1)

- Procedimentos de Recuperação - *Recovery procedures*: Recuperar os componentes inertizados do UXO ou IED;
- Procedimentos de Destruição final - *Final disposal procedures*: Eliminar totalmente a ameaça através da detonação total, queima, remoção para área de detonação final<sup>44</sup>.

(AAP-6, 2014) (ATP-72, 2006)

Em qualquer das fases dos procedimentos anteriores, é possível empenhar um ROV EOD para executar a tarefa, ainda assim é igualmente plausível que a situação no local impeça o uso do ROV.

Tal como os procedimentos EOD também a atribuição das categorias e prioridades é transversal a todas as operações envolvendo o uso de forças EOD. A sua atribuição é inicialmente uma decisão de comando, podendo ser recategorizada por proposta do operador EOD que executa a operação, e assenta-se no balanceamento entre o nível que a ameaça representa para as operações e o nível de risco aceitável de se executar a tarefa EOD (ATP-72, 2006). Estão previstas as seguintes Categorias de A a D.

- A: Incidentes que constituem uma ameaça grave e imediata:
  - Prioridade sob todos os incidentes a decorrer;
  - A importância da missão sobrepõe-se à redução do risco do pessoal;
  - As operações devem iniciar de imediato independentemente do risco para o pessoal.
- B: Incidentes que constituem uma ameaça indireta:

---

<sup>44</sup> “demolition or burning in place, removal to a disposal area or other appropriate means.” .

- Devem executar-se medidas de redução de risco do pessoal (tempos de espera) antes do início das operações.
- C: Incidentes que constituem uma ameaça reduzida:
  - Com o mínimo de risco para o pessoal;
  - Executadas após terminadas todas as cat. A e B, quando a situação o permitir.
- D: Incidentes que não constituem uma ameaça, no momento.

(STANAG 2143, 2005), (ATP-72, 2006), (AEODP-3 Vol.I, 2012, pp. 1-6)

De acordo com a STANAG 2143 (2005), é um requisito das forças EOD, terem capacidade de remotamente executarem a deslocação e desmontagem de EO<sup>45</sup>. Na AEODP-12 (2015) é ainda classificado com padrão mínimo de proficiência dos operadores EOD e IEDD, a capacidade de operar e manter ROV e equipamento associado operacionais.

Ao nível dos materiais, a utilizar na construção de equipamentos EOD, a NATO tem bastante bem definido o que são os seus critérios de aceitabilidade de um equipamento. No que toca a equipamentos para operarem com e nas proximidades de EO, deve ser dada primazia na seleção dos materiais, às composições não-ferrosas, plásticos ou materiais compósitos. Outra preocupação são as emissões irradiadas pelos equipamentos<sup>46</sup>, portanto é um fator a ter em consideração a constante modernização dos materiais de forma a baixar as suas assinaturas eletromagnética, acústica, sísmica e outros campos de influência. As formas de cálculo, valores e teste de aceitabilidade constam dos anexos da AEODP-7 (2004).

---

<sup>45</sup> Manusear, levantar, baixar, puxar, empurrar ou aplicar torque em pequenos artigos de EO.

<sup>46</sup> *“Electrical, mechanical, hydraulic, or pneumatic power sources should be designed and fabricated to emit the minimum radiated electromagnetic, acoustic, and seismic field signatures”* (AEODP-7, 2004, pp. 1-1) *“Infrared, Ultrasonic, Microwave”* (AEODP-7, 2004, pp. 3-1).

Ao nível de sensores e ferramentas a acoplar nos ROV deve ainda ter-se a preocupação de dentro do possível utilizar fontes passivas de modo a não interferir com a EO e com os seus sistemas de iniciação<sup>47</sup> (AEODP-7, 2004).

### 2.1.2 IEDD

Como já foi mostrado IEDD é um conceito dentro da EOD, no entanto e como previsto na própria doutrina geral EOD, a possibilidade das forças no terreno se encontrarem perante uma ameaça IED significativa e sofisticada, obriga à criação de procedimentos próprios IEDD e à ligação com serviços de coleta e organização de informação<sup>48</sup> (ATP-72, 2006).

As operações IEDD são por natureza atividades de apoio a uma operação de maior envergadura, no entanto existem uma série de apoios necessários ao empenhamento das EODT nestes cenários. Neste tipo de cenário a ameaça inimiga não provem exclusivamente do IED. As EODT são tipicamente pequenas e não conseguem garantir sozinhas a execução todas tarefas necessárias durante as ações IEDD, portanto devem ser suportadas nas seguintes áreas:

- Proteção de força;
- Gestão operacional no local – “*Scene Management*”<sup>49</sup>;
- Contramedidas eletrónicas - *Electronic Counter Measures* (ECM):
  - Geridas por especialista de guerra eletrónica e regulamentações específicas;
- *Exploitation*<sup>50</sup>.

A gestão do espectro eletromagnético, tendo em conta este tipo de cenário, pode ter graves implicações nas comunicações e controlo dos ROV, quando em

---

<sup>47</sup> “Detection and location equipment shall, ideally, be passive in design. Consideration should be given to minimizing (and quantifying) the electromagnetic field radiated by power supplies and components, separately or in combination”.

<sup>48</sup> “Intelligence”.

<sup>49</sup> ex.: cordão de segurança.

<sup>50</sup> “exploitation is a key part of the wider C-IED battle and should be afforded a high priority”.

operação sem fios, esta consideração deve ser gerida e deve ser uma preocupação no desenho dos sistemas de comando e controlo de um ROV.

A categorização das ameaças é feita de igual modo à qualquer operação EOD, ainda que algumas considerações operacionais na sua avaliação possam ser diferentes. Num incidente com EO convencional, cumprem-se tempos de espera que estão diretamente relacionados com as características do EO encontrada, no entanto na abordagem aos IED a razão de se cumprirem tempos de espera (*Soak times*)<sup>51</sup> é evitar as rotinas e comportamentos padrão que possam ser usados, pelo inimigo, contra as EODT. Neste caso os *soak time* são períodos indeterminados e atribuídos pelo operador EOD no local do incidente. O uso de ROV EOD permite aliviar este procedimento e avançar imediatamente para a resolução do incidente.

A avaliação da ameaça num cenário de IED não é fácil e muito menos até se adquirir alguma informação através dos *Diagnostic procedures*, no entanto é necessário tomar, de imediato, medidas preventivas de redução do risco da vida humana e como tal a doutrina prevê distância de evacuação, que servem de orientação inicial, a adotar na fase inicial de um incidente com IED (devem ser analisadas sob leitura de outras condicionantes operacionais):

- Dispositivo classificado como pasta ou mala: 100 m;
- Carro Bomba: 200 m;
- Grande IED. Inclusive carrinhas grandes ou camiões bomba ou onde riscos secundários estão presentes: 400 m.

À semelhança de operações em EO também nas operações com IED devem ser sempre considerados riscos secundários, portanto uma das ações a tomar será sempre a redução do risco relacionados com o IED, antes ou em combinação com RSP, utilizando técnicas de isolamento, evasão/evitar o perigo<sup>52</sup>, remoção e contenção. A utilização dos ROV EOD é uma forma de mitigar alguns dos riscos associados, nos casos específico da remoção é mesmo estabelecido que devem ser utilizados meios remotos

---

<sup>51</sup> No caso dos IED a NATO denomina os tempos de espera de “Soak Times” (AEODP-3 Vol.I, 2012, pp. 1-7).

<sup>52</sup> “Avoidance”.

para a executar. Ao nível da contenção podem também ser utilizados alguns tipos de ROV EOD em tarefas com demasiada exposição.

(AEODP-3 Vol.I, 2012, pp. 1-4 e 1-9)

Ao nível da inativação do IED existem normalmente duas opções, cuja preparação pode ser executada por um ROV EDO, *Destruction in Situ*<sup>53</sup> e Neutralização (através de disrupção).

(AEODP-3 Vol.I, 2012, pp. 1-8 e 1-9)

A especificidade IEDD dentro de EOD está essencialmente relacionada com o tipo de ameaça, e portanto a ideia geral a reter de como procedimento genérico a adotar na execução IEDD é evitar padrões definidos para prevenir que os operadores EOD se tornem os alvos e evitar a previsibilidade dos procedimentos IEDD **Fonte especificada inválida..**

### 2.1.3 CBRN EOD

A execução de técnicas EOD em CBRN EO requer procedimentos especiais, coordenação com outras entidades especializadas em logística e descontaminação em ambiente CBRN. Um ponto essencial neste tipo de operações é a colaboração e apoio de entidade com capacidades ligadas à área CBRN e que extravasam as competências e capacidades das forças EOD.

Este é um tipo de operações onde os ROV EOD podem fazer toda a diferença mesmo nas tarefas de apoio na mitigação e redução do risco.

A potencial combinação de agentes CBRN num IED requer o uso de meios remotos<sup>54</sup>, para analisar o engenho e conduzir RSP. É necessário neste tipo de operação prever a utilização de mais do que um ROV.

(AEODP-8, 2011)

---

<sup>53</sup> Destruição no local.

<sup>54</sup> “use of remote means (i.e. remote operated vehicle)”

## 2.2 Princípios e Filosofia de operação

O princípio geral de qualquer operação EOD é seguir a doutrina e impedir relaxamentos nas regulamentações de segurança. No entanto regulamentações mais restritas podem ser aprovadas em SOP para tarefas e teatros de operações específicas.

### 2.2.1 EOD

Seguidamente vão ser apresentados os princípios, do ATP-72 (2006), que refletem a filosofia NATO para a generalidade das operações EOD, incluindo IEDD, e que simultaneamente sustentam a utilização de ROV:

- FILOSOFIA EOD:
  - PRESERVAÇÃO DA VIDA;
  - PRESERVAÇÃO DE PROPRIEDADE;
  - REGRESSO À NORMALIDADE<sup>55</sup>.
- PRÍNCÍPIOS DA SEGURANÇA:
  - *MINIMUM-RISK PRINCIPLE* - o menor risco possível:
    - Os imperativos da missão têm sempre de ser balanceados com os riscos aceitáveis para o pessoal, este é um princípio basilar e que deve sempre ter tido em conta. Embora nem sempre seja a consideração primária deve ser constantemente reavaliado e os métodos utilizados devem ter em consideração o pessoal, terceiros, equipamento e ambiente.
  - *MINIMUM-PERSONNEL PRINCIPLE* - o mínimo de pessoal envolvido:
    - Deve ser minimizado o pessoal nas proximidades da zona de segura de exclusão EO<sup>56</sup>.
  - *MINIMUM-EOD-PERSONNEL-ON-TARGET PRINCIPLE* – o mínimo de pessoal EOD no local do incidente:

---

<sup>55</sup> “to assist in the maintenance or restoration of friendly forces operational freedom”.

<sup>56</sup> “EO safety exclusion zone”.



- Apenas o pessoal EOD absolutamente indispensável para realizar os RPS ou *Disposal* deve ser autorizado a aproximar-se da EO.
- *MINIMUM-EXPOSURE-TIME PRINCIPLE* – o mínimo tempo de exposição:
  - O uso ROV EOD é uma forma de cumprir com este princípio, na medida em que o operador só terá de ser exposto ao potencial perigo da EO se for necessário executar alguma tarefa complementar que o ROV EOD seja incapaz de cumprir.
- PRINCÍPIOS DE APOIO:
  - Sempre que possível deve ser empenhado pessoal de apoio para realizar buscas recorrendo a cães<sup>57</sup>, para deteção de explosivos e identificação de potenciais, de forma a minimizar o risco do pessoal. Esta é outra tarefa que pode ser executada por um ROV EOD, equipado com sensores especiais, sozinho ou em complemento das equipas cinotécnicas.
- AVALIAÇÃO DA AMEAÇA:
  - Deve sempre ter-se em conta um plano de mitigação e redução dos riscos inerentes em qualquer operação EOD. Devem ser analisados os perigos causados pela EO, pelos próprios procedimentos EOD, armadilhas, a presença de forças inimigas, existência de perigos secundários (ex. IED) e outros perigos para o pessoal.

### 2.2.2 IEDD

Também a filosofia de operação IEDD tem ligeiras adaptações em relação à filosofia geral EOD, de forma a garantir maior segurança, eficácia e eficiência das ações executadas. Serão apresentadas as principais adaptações no contexto dos ROV EOD, de acordo com (AEODP-3 Vol.I, 2012):

---

<sup>57</sup> “sniffer dogs for mine, explosive substance and explosive ordnance detection”.

- FILOSOFIA IEDD:
  - PRESERVAÇÃO DA VIDA;
  - PRESERVAÇÃO DE PROPRIEDADE;
  - PRESERVAÇÃO E RECOLHA PROVAS FORENSES;
  - REGRESSO À NORMALIDADE.
  
- PRÍNCÍPIOS DE SEGURANÇA:
  - *SUSPECT IED REPORTING* – reporte de IED:
    - Encorajar, todo o pessoal, a reportar situações e objetos suspeitos que aparentem ser um IED. Estes permanecem como não-confirmados até ao reconhecimento/investigação executada por um operador EOD;
    - Promover a educação dos militares e civis é um importante fator, para alcançar este objetivo.
  
  - *AVOID SETTING PATTERNS* – evitar rotinas:
    - Prevenir a previsibilidade dos procedimentos IEDD, de forma a evitar que os operadores EOD se tornem os alvos;
    - Utilizar *soak times* variáveis, antes de qualquer aproximação manual.
  
  - MEIOS REMOTOS:
    - Retirar os operadores EOD da área de perigo, sempre que possível;
    - Os RSP manuais só devem ser usados como último recurso.
  
- PRÍNCÍPIOS DE APOIO:
  - *ELECTRONIC COUNTER MEASURES (ECM)*:
    - Onde existe um RCIED ou engenho de influência, utilizar ECM<sup>58</sup>.

---

<sup>58</sup> “There maybe requirements for EOD ECM over and above general force protection. ECM for EOD may have enhanced features”..

- *EXPLOITATION:*
  - Recolher informação para investigação forense, integração da IEDD no conceito geral de C-IED. Promove o desenvolvimento de táticas e melhora a proteção de força, ECM, as TTP da força e o combate às IED *networks*.
- *POST INCIDENT ANALYSIS:*
  - Identificar de tendências do inimigo.
  - Desenvolver contramedidas, e alimentar as táticas aliadas, o treino e os procedimentos, a troca de informações e o cruzamento de *intelligence*.
- AVALIAÇÃO DA AMEAÇA:
 

As considerações operacionais a ter em conta numa IEDD são sempre dependentes do contexto e do ambiente em que a ameaça IED está inserida.

  - Estudo rigoroso para cada cenário de operações. Devem ser criados procedimentos específicos mediante as características, tendências e *modus operandi* do inimigo.
  - Assumir sempre que a presença de engenhos secundários e que a EODT ou as forças do cordão de segurança pode ser o seu alvo (AEODP-3 Vol. II, 2012).

### 2.2.3 CBRN EOD

Para além da exposição ao potencial perigo da EO existe ainda o perigo de exposição a agentes CBRN. Mesmo não tendo havido contaminação inicial do meio envolvente existe sempre o perigo dos procedimentos EOD provocarem a sua libertação.

- PRÍNCÍPIOS DE SEGURANÇA:
  - *MINIMUM EXPOSURE TIME PRINCIPLE* - o mínimo tempo de exposição:

- Proteger dos agentes e manter a exposição *As Low As Reasonable Achievable* (ALARA)<sup>59</sup>, na área de perigo. Mais uma vez a utilização dos ROV EOD assumem um papel importante no cumprimento dos princípios de segurança;

(AEODP-8, 2011)

#### **2.2.4 Remotely Operated Vehicles – ROV**

Pelo visto anteriormente, à luz da filosofia das operações com EO, da NATO, assume-se que o operador EOD quando não utiliza equipamentos remotos coloca sempre em causa a sua integridade física e provavelmente a sua vida.

Ao trabalhar não-remotamente com a EO, mesmo que de origem convencional, a aproximação física do operador EOD acarreta sempre um risco inerente<sup>60</sup>.

Esta situação é exponencialmente mais perigosa quando se tratam de IED, pois são construídos com a finalidade de causar destruição num alvo num qualquer alvo aleatório ou o operador EOD, aquando de uma tentativa de inativação. No caso da recorrente não utilização de meios remotos, pode contribuir para que o inimigo, ao detetar essa rotina, execute ataques IED específicos contra operadores EOD por este se ter tornado um alvo fácil. Desta forma ao se ciar a rotina de não utilizar os ROV passa-se de uma situação inicial de redução de risco, para uma situação que potencia ataques deliberados contra os operadores IED aumentando-se portanto ainda mais o risco, do que aquele inicialmente previsto.

Na doutrina NATO os meios remotos, nos quais se incluem os ROV EOD, são essencialmente usados na inspeção, transporte, remoção e execução de RSP.

O operador de ROV EOD consegue aumentar o fator segurança com um aumento da distância à zona do incidente com EO. A variedade de sensores hoje

---

<sup>59</sup> “As Low As Reasonably Achievable (ALARA): o princípio de gestão do risco que define o mínimo de exposição do pessoal aos perigos NBC” (AEODP-8, 2011).

<sup>60</sup> Ainda que conhecido o engenho, os seus procedimentos de segurança, e até havendo algum controlo sob os estímulos ambientais ou decorrentes da ação do operador sob esse engenho.

disponíveis acrescenta ainda mais capacidades com possibilidade de análise sem contacto com a EO em segurança e com bastante rigor.



### 3. ESTADO DA ARTE

---

O mundo da robótica é uma área que se tem revelado em constante evolução, apesar do seu aparecimento ser relativamente recente, o que hoje existe tem trazido à sociedade grandes avanços e inclusive auxiliado noutras áreas de conhecimento que de outra maneira não teriam evoluído. Consequência de algumas décadas de desenvolvimento da robótica móvel também a área de desenvolvimento e construção dos ROV EOD tem sofrido uma grande evolução.

Como já anteriormente foi referido no capítulo do enquadramento histórico, a origem da robótica móvel nas operações EOD levou a que neste âmbito surgissem algumas décadas mais tarde inovações ao conceito inicial dando lugar a ROV com melhores performances e novas finalidades. Hoje em dia existem ROV muito mais capacitados e polivalentes, e esta é a chave do futuro dos ROV EOD, a sua capacidade de adaptação às diferentes missões e tarefas.

Neste capítulo vão ser apresentadas as capacidades e funções de diferentes ROV EOD existentes no mercado, e que fazem parte de inúmeras equipas EOD de forças armadas e segurança interna espalhadas pelo mundo.

Segundo um artigo de Versprille (2015, p. 11), publicado na *National Defense Magazine*<sup>61</sup>, a tendência na robótica móvel EOD é que cada vez mais os ROV assumam formas humanas, estando a ser dado os primeiros passos de desenvolvimentos no sentido de criar ROV com braço duplo<sup>62</sup>. É neste sentido que se encaminham alguns dos núcleos de desenvolvimento e construção de ROV EOD, trazendo aos meios remotos cada vez mais destreza e flexibilidade. Outra tecnologia em desenvolvimento e também referida é tecnologia háptica<sup>63</sup>, sendo dois pontos que se tornaram cruciais à medida que a inativação de engenhos explosivos é cada vez mais complexa. O artigo

---

<sup>61</sup> Artigo completo no Anexo B.

<sup>62</sup> “*dual-arms*” (VERSPRILLE, 2015)

<sup>63</sup> *Feedback* tátil que cria o sentido do toque através de força, vibrações e movimentos. Um operador através de comandos livres em cada uma das mãos e imagens de alta definição em 3D consegue sincronizar os movimentos das suas mãos com o braço duplo do ROV.

faz referência aos ROV em desenvolvimento por duas empresas<sup>64</sup>, onde em ambos os braços duplos são na verdade mais uma ferramenta, que é acoplada ao braço principal, trazendo ainda mais flexibilidade ao sistema permitindo ao ROV não abdicar do poder de força do seu braço principal e operar com os dois braços apenas em situações necessárias. Através de pesquisa em fontes da empresa *SRI Internacional* é possível visualizar dois vídeos (SRI International, 2015) do “*Taurus Dexterous Robot*” onde se pode comprovar o nível de destreza cirúrgico<sup>65</sup> bem como da versatilidade ao adaptar-se a qualquer ROV que possua um manipulador. É de comprovar que esta nova tecnologia traz muitas novas possibilidades no que à operação dos ROV diz respeito.

### 3.1 Modelos de ROV EOD

Os ROV apresentados em seguida serão acompanhados de informação técnica adicional no apêndice F.

#### 3.1.1 QuinetiQ

(QINETIQ, 2015)

As informações apresentadas nos parágrafos seguintes são aplicáveis a todos ROV desta empresa:

- Unidades de controlo:
  - Computador e respetivo periférico (comando da *XBOX*<sup>66</sup>);
  - Pequeno controlador táctico (ROV pequenos de reconhecimento).
- Ambientalmente selados e adaptados às ameaças CBRN.

---

<sup>64</sup> *SRI International; Remotec UK* (NORTHROP GRUMMAN, s.d.) (VERSPRILLE, 2015).

<sup>65</sup> Sistema é baseado na mesma tecnologia patenteada pela *Vinci Surgical System*, uma plataforma robótica para grandes procedimentos cirúrgicos.

<sup>66</sup> Comando da consola de videojogos da Microsoft, amplamente conhecido pelas novas gerações de soldados.



#### 3.1.1.1 *Dragon Runner 10*

Desenhado para ser portátil e transportado numa mochila, em operações de reconhecimento com os objetivos de servir como aviso antecipado e recolha de informação. Preparado para montagem modular com um braço manipulador ou sensores.

No âmbito da obtenção de imagens possui duas câmaras infravermelhas (*InfraRed* (IR)), na frente e traseira da plataforma.

O tipo de missões para qual foi desenhado não exige que tenham grande capacidade de carregamento, sendo que esta é de cerca de 2 kg.

Foi desenhado para ser resistente a quedas e a condições ambientais mais adversas. Foi testado e utilizado em cenários de guerra, provando que pode ser lançado de um veículo e começar imediatamente a operar.

<b>Peso</b>	5 Kg
<b>Dimensões</b>	13.5 cm largura / 15 cm comprimento. / 5.8 cm altura
<b>Velocidade</b>	6.4 km/h
<b>Distâncias de operação</b>	300 m ( <i>wireless</i> )
<b>Autonomia</b>	2 h

Tabela 2. Características *Dragon Runner 10*

#### 3.1.1.2 *Dragon Runner 20*

Desenhado com as dimensões muito próximas do *Dragon Runner 10*, este trata-se de um ROV com mais 4 kg. É uma evolução do modelo *Dragon Runner 10*, que permite uma rapidez de empenho elevada em ações EOD. O facto de ser portátil, possibilita a forças avançadas o seu uso e acompanhamento em missões de reconhecimento. Possui um braço manipulador modular, que pode ser colocado sempre que necessário e para auxiliar na sua progressão, as suas lagartas são extensíveis.

No que toca á obtenção de imagens têm duas camaras de IR na frente e traseira da plataforma. Ao contrário da sua versão mais pequena este tem um braço

manipulador com capacidade de levantar até 4,5 kg. Vem equipado com uma antena externa para aumentar as suas distâncias de operação.

<b>Peso</b>	9 kg
<b>Dimensões</b>	12.2 cm largura. / 16.6 cm comprimento. / 5.8 cm altura
<b>Velocidade</b>	7 km/h
<b>Distâncias de operação</b>	650 m ( <i>wireless</i> )
<b>Autonomia</b>	2/3 h

Tabela 3. Caraterísticas Dragon Runner 20

### 3.1.1.3 Talon

Segundo MAGNUSON (2008) é o ROV de inativação ligeiro mais utilizado pelas forças armadas dos EUA e está equipado para trabalhar em áreas com elevado congestionamento de radiofrequências (ambiente urbano). O protocolo de comunicações analógicas e digitais é de grande alcance e permitem a sua variação no espectro. O seu alcance pode ser aumentando através da adaptação de antenas exteriores de maior envergadura.

O seu braço manipulador é polivalente permitindo acoplar de várias ferramentas entre disruptores, sensores, câmaras e continuar a utilizar o seu manipulador. Quanto ao equipamento “raio-x” o gerador de impulsos é posicionado na plataforma e com o auxílio do manipulador é colocado o VCU<sup>67</sup> atrás do objeto a analisar. O gerador de impulsos tem liberdade para ser posicionado em outra posição se necessário.

Quanto á força da plataforma permite-lhe aumentar o seu peso até 45 kg em acessórios. No entanto, no que diz respeito á sua força de tração é capaz de arrastar objetos até 340 kg, estando limitado a 77 kg se o fizer com recurso ao manipulador. O braço articulado consegue levantar objetos até aos 22,67 kg, sendo que totalmente estendido está limitado aos 4,5 kg. O alcance do braço manipulador verticalmente é 1,88 m e horizontalmente de 1,43 m.

---

<sup>67</sup> Video Camera Unit – Placa do equipamento raio-x que permite ao operador ver as imagens de raio-x em tempo real

Na obtenção de imagens recorre a 4 câmaras de IR para condução e braço manipulador e uma câmara com *zoom* até 300:1 num suporte vertical da plataforma para perspetiva de 3ª pessoa<sup>68</sup>.

Peso	71 kg
Dimensões	56 largura x 87 comprimento x 68 altura
Velocidade	10 km/h
Distâncias de operação	800 m ( <i>wireless</i> ) / 300 m (cabo de fibra ótica)
Autonomia	3 h

Tabela 4. Características *Talon*

### 3.1.2 *Remotec Uk*

(NORTHROP GRUMMAN, s.d.)

#### 3.1.2.1 *Wheelbarrow MK9*

O *Wheelbarrow* MK9 trata-se de uma evolução das versões anteriores do *Wheelbarrow*, baseando-se na sua plataforma de movimento. Este é um modelo que vem sendo aperfeiçoado ao longo de 25 anos desde do aparecimento do primeiro modelo, e como tal existe uma constante adaptação às necessidades operacionais onde é empenhado.

A configuração das lagartas pode se modificada para adaptação ao terreno, providenciando estabilidade em situações de carregamento e descida de escadas estando capacitado a rebocar até aos 200 quilos. O diâmetro de rotação da plataforma é de 1,45 m.

A torre rotativa do braço manipulador executa rotações de 360°. O braço tem capacidade para levantar um objeto com 150 kg, estando limitado a 20 kg quando no seu alcance horizontal máximo de 3,7 m, recorrendo ao seu braço telescópico. O alcance vertical do braço é de 5,4 metros.

Para obtenção de imagens possui duas câmaras de condução frontal, (estando posicionadas uma na plataforma e outra no cotovelo) e uma câmara de condução

---

<sup>68</sup> Semelhante à “*hi-back câmara*” do modelo da *Irobot: 710 Kobra*.

traseira. Tem uma câmara no pulso designada de câmara do manipulador e suportes para colocação em 6 zonas do braço manipulador conforme necessidade.

A comunicação entre o operador e o ROV é realizada através de uma rede digital *wireless* encriptada ou por fibra ótica. Está equipado com um enrolador automático do cabo de fibra ótica, bem como de um cabo de alimentação elétrica se necessário. Está equipado com GPS que envia a sua posição e trajeto para a unidade de controlo.

Quanto às ferramentas está equipado com dois tipos de manipulador, um de dois dedos e um de três dedos equipado com um objeto de corte<sup>69</sup>. O seu braço manipulador pode ser equipado até 7 disruptores para disparos múltiplos.

Está preparado para operar num grande intervalo de temperaturas, entre -10 °C e 50° C.

Peso	350 kg
Dimensões	1,12 m altura x 65 cm largura x 125 cm comprimento
Velocidade	5 km/h
Distâncias de operação	1 km ( <i>wireless</i> ) /220 m (cabo de fibra ótica)
Autonomia	4 h

Tabela 5. Características Wheelbarrow Revolution

### 3.1.3 Allen Vanguard

(ALLEN VANGUARD, 2009)

As informações apresentadas nos parágrafos seguintes são aplicáveis a ambos os ROV desta empresa:

- Capacitado para progredir em degraus de 20 cm até 45° de inclinação, e para ultrapassar obstáculos que não impliquem uma inclinação lateral superior a 27°;
- Ambientalmente selados e adaptados às ameaças CBRN;

---

<sup>69</sup> *Ceramic cutter* – disco circular de corte.

- Adaptado para rápida mudança de baterias, se esgotar as horas de autonomia e necessitar de trabalhar sem interrupção;
- O sistema de comando digital é comum para ambos os modelos, tornando-os interoperacionais, permitindo que a mesma unidade de controlo seja utilizada para qualquer um dos modelos. A comunicação com a unidade de controlo é feita através de um sinal digital *wireless*<sup>70</sup> encriptado através do método FHSS<sup>71</sup> ou por fibra-ótica com um enrolador automático;
- GPS que envia a sua posição e trajeto para a unidade de controlo.

#### **3.1.3.1 Defender Bombtech**

Este modelo que se encaixa nos ROV de inativação pesados, tendo 6 rodas motrizes com travões eletromecânicos no eixo central, podendo ser equipado com acessórios até um limite de 180kg e tem uma capacidade de rebocar de 1500 kg.

O braço manipulador é movimentado com recurso a um sistema hidráulico com capacidade para suspender objetos até 75 kg, estando limitado a 35 kg com o braço estendido. A torre permite rotações de 360º e o alcance vertical e horizontal é 2,56 m e 1,65 m, respetivamente.

Na obtenção de imagens, é constituído por 2 câmaras de condução à frente, atrás e com uma câmara IR na torre. No braço manipulador está equipado com uma câmara no cotovelo e uma no pulso, a cores e com *zoom* 40:1.

As ferramentas adaptáveis a este modelo têm na maioria como suporte universal o manipulador permitindo uma grande variedade de ferramentas e sensores. Os disruptores e *shotgun* devidos aos efeitos de recuo são acoplados nas laterais do braço na zona junto ao pulso que já se encontram preparadas para receber acessórios.

---

<sup>70</sup> Ligação digital Lan 2,4 KGz.

<sup>71</sup> FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) - gerada uma sequência aleatória de saltos de frequência, sendo necessário garantir o sincronismo entre as estações (CRUZ, 2013, p. 9).

Peso	275 kg
Dimensões	72.5 cm largura x 152 cm comprimento x 115 cm altura
Velocidade	3.25 km/h
Distâncias de operação	1000 m ( <i>wireless</i> ) / 300 m (cabo de fibra ótica)
Autonomia	5 h

Tabela 6. Características Defender Bombtech

### 3.1.3.2 Vanguard MKII

O pequeno e baixo perfil deste modelo permite-lhe desempenhar tarefas em espaços confinados, por baixo de um veículo ou no seu interior, sendo também uma vantagem quanto aos seus requisitos de transporte. A sua plataforma permite-lhe carregar até 80 kg e possui uma capacidade de reboque 95 kg. Tem ainda um dispositivo na traseira da sua plataforma que evita que se vire em subidas.

O braço manipulador tem capacidade para elevar um objeto até 18,2 kg, estando limitado a 8kg com o braço estendido à frente das lagartas. O alcance é 1,32 m verticalmente e de 0,96 m horizontalmente. A torre do seu braço manipulador tem capacidade de efectuar rotações de 90° para ambos os lados.

No entanto, usando o braço telescópico está limitado a suspender um objeto até 2,5 kg com o braço estendido o seu alcance vertical e horizontal é de 2,27 m e 1,77 m, respetivamente.

Quanto à obtenção de imagens, tem uma câmara a cores frontal, para condução, e uma câmara *Pan/Tilt* (P/T)<sup>72</sup> num suporte vertical na traseira da plataforma com opção de zoom 40:1. Possui uma câmara a cores no manipulador e tem suportes para colocar câmaras adicionais no braço manipulador. Todas as câmaras têm iluminação própria exceto a câmara de condução.

---

<sup>72</sup> Pan/Tilt – câmara de ângulo controlável, permite orientar a câmara independentemente do objeto onde o seu suporte está acoplado.

Peso	56 kg
Dimensões	45 cm largura x 104 cm comprimento x 56 cm altura
Velocidade	2,25 hm/h / 4,5 km/h com conjunto de rodas
Distâncias de operação	1000 m ( <i>wireless</i> ) / 300 m (cabo de fibra ótica)
Autonomia	3 / 5 h

Tabela 7. Características Vanguard MKII

### 3.1.4 Cobham

(COBHAM, 2014)

O grupo *Cobham plc* detém atualmente a empresa *telerob GmbH* que era até 2011 uma construtora de ROV EOD com sede na Alemanha. Os modelos a seguir representados continuam a ser fabricados, mas agora sobre o nome da empresa *Cobham*.

Nos modelos seguintes existe uma funcionalidade de relevo que consiste num suporte designado de “*UTool magazine*” que permite a troca de ferramenta junto à ameaça sem necessidade de intervenção manual. O sistema automaticamente executa os movimentos do braço para trocar de ferramenta que se encontra no suporte.

Ambos os modelos são ambientalmente selados e preparados para resposta a ameaças CBRN. Estão também preparados para operar em temperaturas entre os 20° a 60° C.

A comunicação de dados de controlo e de transmissão de imagens são realizadas em frequências diferentes sendo os 434 MHz para controlo do ROV e o intervalo entre os 1.3 e 2.3 GHz para a transmissão de imagens.

#### 3.1.4.1 Teodor

Em termos de agilidade, a plataforma está capacitada para ultrapassar obstáculos até 45° de inclinação e para rebocar até a um limite de 305 kg.

O braço manipulador está preparado para realizar rotações da torre nos 360° e com alcance vertical de 2,86 m e 2,41m na horizontal. Pode carregar até 100 kg no seu

braço manipulador, estando limitado aos 20 kg quando com o braço no alcance máximo horizontal.

A obtenção de imagens é feita com recurso a 5 câmaras:

- Câmara de condução a cores situada na torre com iluminação.
- 3 Câmaras P/T a cores com iluminação, posicionadas num suporte vertical na traseira da plataforma, no cotovelo e pulso.
- Câmara a cores com iluminação no manipulador com iluminação.

As ferramentas utilizadas estão na sua maioria adaptadas a um suporte universal para o manipulador. A “*UTool magazine*” permite o transporte até 3 ferramentas na sua plataforma. O seu braço está preparado para ser equipado até um limite de 5 disruptores.

Peso	375 kg
Dimensões	1,24 m altura / 68,5 cm largura / 1,3 m comprimento
Velocidade	4 km/h
Distâncias de operação	1000 m ( <i>wireless</i> ) / 200 m (cabo de fibra ótica)
Autonomia	3-4 h

Tabela 8. Características Teodor

#### 3.1.4.2 *Telex*

A configuração da plataforma é de 4 lagartas independentes com um motor em cada uma delas. São controladas a pares, a dianteira e traseira como também os seus *flippers* que lhe permite ter uma capacidade de superar obstáculos até 50 cm de altura até a um limite de inclinação de 100° e aumentar o seu alcance vertical. Para colmatar situações de maior inclinação provocadas pelo controlo do operador, está equipado com sensores de equilíbrio que mantêm o equilíbrio do ROV. Existe também sensores espalhados por todos os componentes que informam o operador se algum equipamento ou componente está inoperacional. Tem uma capacidade de carregamento de até 20 kg.

O braço manipulador pode elevar objetos até 20 kg, estando limitado a 3kg quando no seu alcance máximo horizontal. O alcance horizontal é de 1,73 m e vertical



de 2,40 m. O acessório do braço telescópico permite adicionar mais 0,20 m aos alcances referidos anteriormente.

Para a obtenção de imagens possui os seguintes equipamentos:

- 1 câmara de condução à frente a cores e com iluminação
- 1 câmara na garra a cores;
- 3 Suportes modulares situadas na torre, no cotovelo e pulso. Os suportes estão preparados para determinados acessórios do ROV, tais como, câmaras com *zoom*, de imagem térmica, de IR, P/T e iluminação

Quanto às ferramentas, a “*UTool magazinee*” é de duas ferramentas e o suporte do equipamento raio-x é semelhante ao utilizado no *Bombtech defender*

Peso	50 kg
Dimensões	40 cm largura / 80 cm comprimento / 0,75 m altura
Velocidade	2 km/h / 10km/h com conjunto de rodas
Distâncias de operação	1000 m ( <i>wireless</i> ) / 200 m (cabo de fibra ótica)
Autonomia	2-4 h

Tabela 9. Características Telemax

### 3.1.5 Irobot

(IROBOT, 2015)

Todos os modelos de ROV desta empresa têm uma característica a nível de automatismo e controlo que é de realçar. Tem várias posições predefinidas do braço e dos *flippers* às quais o operador apenas tem de seleciona-las e automaticamente são executados os movimentos.

No caso de o ROV, pelas circunstâncias do terreno e da utilização, capotar e ficar imobilizado devido à sua posição, existe um movimento predefinido que faz o ROV voltar à posição original.

As comunicações de dados em todos os modelos são realizadas nas frequências entre os 2.4 GHz ou 4,9 GHz. Em todos os modelos quando o ROV perde o sinal

*wireless*, com a unidade de comando, está programado para parar e voltar atrás até recuperar o sinal.

Todos os modelos são ambientalmente selados e podem operar entre nas temperaturas compreendidas entre -20° a 55° C.

#### **3.1.5.1 110 FristLook**

A sua portabilidade e rapidez de emprego são as vantagens deste ROV, adequado para integrar forças avançadas como um meio remoto para reconhecimento e investigação.

A rotação dos *flippers* permite-lhe voltar sempre á posição original, ajustar a sua posição em declives, para ultrapassar obstáculos e ajustar o ângulo de observação das câmaras. Pode ser submerso até 1 m de água e ser acoplado um acessório no seu topo até 1,5 kg.

Quando á sua capacidade para obtenção de imagens tem 4 câmaras a cores com *zoom* de 8x e sensíveis a iluminação NIR<sup>73</sup>, que se encontram embutidas na plataforma à frente, atrás e de ambos os lados.

É possível acoplar a este modelo um pequeno braço manipulador constituído por um ombro e na extremidade o manipulador com capacidade para 1,4 kg e um suporte vertical com uma câmara P/T a cores com 270° de visão e iluminação.

Peso	2,4 Kg
Dimensões	13.5 cm largura / 15 cm comprimento. / 5.8 cm altura
Velocidade	5,5 km/h
Distâncias de operação	200 m ( <i>wireless</i> )
Autonomia	6 h

**Tabela 10. Características FristLook**

---

<sup>73</sup> NIR – Near IR, consisteem uma câmara que funciona no espectro do visível e perto do IR.

### 3.1.5.2 510 Packbot

Este modelo foi construído com 2 *flippers* na dianteira das lagartas por forma a garantir uma maior agilidade e adaptação ao terreno, bem como na superação de declives e degraus.

Para desempenhar as tarefas com o braço manipulador são fabricadas duas versões, e ambas os permitem a rotação do ombro em 360º:

- *Small arm manipulator (SAM)* - braço manipulador mais pequeno que tem a configuração normal, com uma câmara na zona do pulso.
- *3-link-arm*<sup>74</sup> - Com uma configuração diferente do braço manipulador normal, possui mais um cotovelo. Câmara do braço manipulador ou Camera arm manipulator (CAM), encontra-se na extremidade, estando sempre direcionada para a garra, sendo que o manipulador se situa na mesma posição que na versão anterior, mas agora designado de 2º cotovelo e não de pulso.

As informações seguintes são da versão mais completa o *3-link-arm*. O braço manipulador pode suspender objetos até 13,61 kg, estando limitado a 4,54 kg quando no alcance máximo. O alcance do braço manipulador é de 2,03 metros, aumentado até 60 cm pelo tubo extensível.

Para a obtenção de imagens, o ROV recorre-se dos seguintes sensores eletro-óticos:

- Câmara de condução frontal a cores com ângulo de visão alargado, situada no ombro do braço manipulador;
- Câmara a cores junto ao manipulador;
- Câmara P/T a cores e com iluminação branca e IR com possibilidade de zoom 320x (CAM);
- Câmara IR na lateral da CAM.

---

<sup>74</sup> Braço de 3 articulações

Peso	22,82 kg
Dimensões	52.1 cm largura x 68.6 cm comprimento x 17,8 cm altura
Velocidade	9.3 km/h
Distâncias de operação	1000 m ( <i>wireless</i> ) /200 m (cabo de fibra-ótica)
Autonomia	4 h

Tabela 11. Características Packbot

### 3.1.5.3 710 Kobra

Este modelo possui algumas alterações estruturais na configuração da sua plataforma em relação aos outros modelos. Exemplo disso é a elevação da base do braço manipulador, que faz a torre esteja mais elevada que a plataforma, e os 4 *flippers*, 2 em cada lado que permitem ao operador ter mais capacidades de negociar o terreno, de ultrapassar obstáculos de maiores dimensões e maior alcance do braço manipulador. A plataforma pode carregar até 68 kg e ficar submersa até 45,7 cm de altura.

Quanto ao braço manipulador está capacitado a elevar objetos até 150 kg estando limitado a 35 kg na extensão máxima que é de 1,90 m. No entanto com o posicionamento dos *flippers*, o alcance vertical pode ser aumentado para os 3,5 metros. A capacidade do braço manipulador conseguir suportar o próprio peso da plataforma, permitindo ao operador com o seu auxílio aumentar para 0,80 m de altura os obstáculos capaz de transpor.

No âmbito da obtenção de imagens está equipado com o seguinte:

- 2 câmaras de condução a cores e com ângulo de visão alargados, á frente e atrás, com iluminação branca e IR;
- Câmara a cores com opção de *zoom* ótico de 26x e digital de 12x, no ombro do braço manipulador;
- Câmara a cores junto ao manipulador;
- “*hi-back camera*” - Câmara situado num suporte vertical na traseira da plataforma no braço manipulador, para perspetiva na terceira pessoa.

Peso	227 kg
Dimensões	76.7 cm largura x 108 cm comprimento x 80 cm altura
Velocidade	12.9 km/h
Distâncias de operação	800 m ( <i>wireless</i> ) /500 m (cabo de fibra-ótica)
Autonomia	6 a 10 h

Tabela 12. Características 710 Kobra

### 3.2 Tipos de construção

Existindo variadas empresas neste ramo, é possível verificar um padrão nos tipos de construções, sendo distinguível principalmente 2 variáveis entre estes padrões que são o peso e dimensões. Atualmente a construção dos ROV baseia-se na construção modular que permite ao operador adaptar as ferramentas e instrumentos a diferentes necessidades.

Atualmente, face aos vários teatros de operações das forças dos EUA, estes realizam pedidos de construção diretamente às empresas, e sendo eles neste momento quem mais investe nesta aérea, o mercado rege-se principalmente pelas suas necessidades (MAGNUSON, 2008).

Segundo Byron Brezina, “Robotics Director of Naval Explosive Ordnance Technology Division” da US NAVY<sup>75</sup> na entrevista realizada por Magnuson (2008):

“The family will consist of three basic robots. A small 30-pounder will be used by troops traveling on foot. The medium sized robot will be around 160 pounds and is intended for transport in tactical-wheeled vehicles.

The largest size will weigh more than 160 pounds — exactly how much more has yet to be decided — but it should be the most capable of the three. The larger the size, the more power it could wield in its manipulator — or robotic arm. It could also carry a larger suite of sensors.”

<sup>75</sup> Diretor de Robótica da Divisão de Tecnologias de Engenheiros Explosivos Navais da Marinha dos Estados Unidos.

### **3.2.1 Reconhecimento**

Para este processo de investigação e reconhecimento, é necessário um meio remoto que seja de rápido emprego e fácil operação, compreendendo-se assim a necessidade do ROV ser de cariz portátil. Servirá sobretudo, equipas ou operadores EOD integrados em operações de forças avançadas e permitirem uma resposta rápida com ameaças de IED (QINETIQ, 2015).

### **3.2.2 Inativação de engenhos explosivos**

A este tipo de ROV é atribuído as tarefas que exigem mais capacidades em termos de destreza do manipulador, suspensão ou elevação de objetos e ações de disrupção

#### **3.2.2.1 Ligeiros**

Os ROV EOD que executarem este tipo de tarefa tem de ter agilidade suficiente para executarem movimentos subtis e precisos. Como principais vantagens deste tipo de ROV é serem facilmente transportáveis em qualquer veículo táticos e servirá para execução de missões EOD em espaços confinados.

#### **3.2.2.2 Pesados**

São caracterizados pelas maiores dimensões e peso, tendo como principais vantagens a elevação de objetos mais pesados, reboque de viaturas e uma capacidade de transporte de diversas ferramentas em simultâneo.

## 4. REQUISITOS OPERACIONAIS

---

### 4.1 Requisitos da Doutrina

Como referido capítulo 2, a doutrina dá-nos requisitos para atuação de EODT, aos quais os ROV como “elementos” da equipa, devem responder. Nos pontos seguintes, vão ser enumerados os requisitos essenciais para cumprir com a doutrina:

- Na Categoria B ou inferiores sobrepõe-se a redução do risco do pessoal em relação à execução da operação sendo dado primazia aos meios remotos<sup>76</sup>. Em categoria A, embora seja assumido o risco para os operadores, dentro do contexto operacional pode ser possível o seu uso, se tal não tiver implicações no sucesso da missão. É imprescindível que este consiga cumprir com o tempo de atuação de 15 minutos, isto é, realizar a 1ª Ação EOD dentro do intervalo dos 15 minutos.
- De acordo com observado no capítulo 3, os ROV EOD atuais tem capacidade para atuar em qualquer uma das 5 fases procedimentais<sup>77</sup> das ações EOD.
- Os materiais que constituírem o ROV devem ser, se possível, de materiais não-ferrosos, plástico ou de materiais compósitos, acordo valores e testes de aceitabilidade definidos na AEODP-7 (2004):
  - Reduzir ao mínimo as assinaturas acústicas, eletromagnéticas e sísmicas dos equipamentos;
  - Sensores e ferramentas sempre que possível de carácter passivo.
- Distâncias de operação: 400 m para um IED num camiã; 200 m para um IED num carro; 100 m para um EID numa mochila/pasta.

---

<sup>76</sup> Podem ser empenhados imediatamente, sem cumprir *soak times*.

<sup>77</sup> *Access, diagnostic, RSP, recovery e final disposal procedures*.

## 4.2 Condições de Operação

A partir da análise dos resultados obtidos nos capítulos anteriores, na qual se incluem as necessidades operacionais do DMS1, identificadas a partir das entrevistas e do Conceito de emprego das unidades de mergulhadores no âmbito EOD (IOA 109, 1995, p. 5)<sup>78</sup> é verificada a necessidade de um ROV capaz de ultrapassar terrenos arenosos, a título de exemplo o terreno da área de exercícios de Pinheiro da Cruz, zonas costeiras e ribeirinhas.

Outros tipos de cenários de atuação das equipas EOD da Marinha são as unidades navais e instalações em terra, da Marinha (IOA 109, 1995, p. 5)<sup>79</sup>. No que toca às unidades navais trazem sobretudo a necessidade de possuir meios remotos com agilidade para ultrapassar obstáculos como escotilhas, maioritariamente obstáculos em altura ou degraus, que trazem dificuldades a muitos ROV em termos de progressão. Nas instalações em terra, da Marinha, as dificuldades são idênticas às encontradas nos navios, com escadas degraus e portas fechadas.

As áreas onde mais regularmente o DMS1 tem sido empenhado em ações EOD, reais e de exercício, são na orla costeira e zonas ribeirinhas. Estas áreas são em grande parte constituídas por terrenos arenosos, lamas ou lodo.

## 4.3 Características ROV EOD

Este subcapítulo tem como principal objetivo a apresentação e integração da informação compilada durante a pesquisa do estado de arte, da doutrina Nato na qual este tema se insere e nas entrevistas realizadas. Dentro de todos os parâmetros analisados, serão apresentados os padrões atualmente utilizados na indústria da robótica móvel, e em uso neste tipo de equipamento EOD integrando-os nas necessidades operacionais do DMS1.

---

<sup>78</sup> “áreas sob jurisdição das autoridades marítimas”; “áreas onde unidades da Marinha tenham sido as ultimas a realizar exercícios com fogo reais.”; “nas instalações e áreas de operação anteriormente ocupadas por forças opositoras”.

<sup>79</sup> “Nas instalações ou áreas sob responsabilidade da Marinha ou que lhe tenham sido confiadas para efeitos operacionais ou de segurança. “



Através da análise de todos os resultados obtidos, é privilegiada a qualidade na recolha de informações bem com uma capacidade de inativação polivalente. Neste caso, as necessidades recomendam um ROV do tipo Ligeiro como prioridade, privilegiando as suas dimensões face aos cenários em que vai ser empenhado.

Contudo, um ROV do tipo pesado é a segunda prioridade para as necessidades do DMS1, onde é possível aliar a sua grande capacidade de inativação de engenhos explosivos em deterioramento da rapidez (LAMEGO, 2015). As suas dimensões e peso não se adequariam às mais frequentes áreas e condições de operação do DMS1, daí ser considerado a segunda prioridade.

#### **4.3.1 Velocidade**

A velocidade não é de todo uma característica prioritária, cumprindo o intervalo do padrão de construção apresentará as capacidades necessária neste aspeto. Relacionada com este parâmetro será a importância de controlar os níveis de ruído e vibração produzidos pelo funcionamento e deslocação do ROV, de modo que não interfira com os engenhos a que se irá aproximar.

o ROV deverá ser capaz de cumprir dois padrões a nível da velocidade. No trajeto inicial deve ser capaz de manter uma velocidade adequada que lhe permita chegar junto à ameaça num tempo reduzido. Na aproximação final à ameaça, deve ser capaz de executar os movimentos na aproximação com sensibilidade e suavidade.

Analisando os ROV existentes no mercado é possível perceber que a média de velocidades varia entre os 1,5 km/h e os 12,9 km/h.

Resumindo o importante será conseguir balancear a melhor velocidade possível e suavidade de movimentos nas proximidades, salvaguardando assim a não interferência do ROV na estabilidade dos engenhos.

#### 4.3.2 Agilidade

O conceito de agilidade pode ser dividido em 2 partes distintas, a primeira consiste na capacidade ou facilidade do ROV em ultrapassar obstáculos e terrenos difíceis e a segunda na agilidade de movimentos do braço manipulador.

Quanto à primeira parte, e segundo Lamego (2015), a operação em terrenos de areia, lodo, declives traz a necessidade de operar com lagartas introduzindo maior tração e melhor progressão em terrenos difíceis. A existência de *Flippers* nos ROV aumenta a capacidade de adaptação aos obstáculos (degraus, buracos, terrenos irregulares), como também aumenta o alcance do braço manipulador. No caso específico das unidades navais, o acesso a navios implica um ROV que não tenha dimensões elevadas. Não existe nenhum ROV desenhado para esse tipo de intervenções em navios, mas os ROV que estão incluídos no grupo de ROV leves, adaptam-se com mais facilidade às grandes dificuldades que os navios apresentam devido às escotilhas e passagens estreitas. O ROV tem de ser capaz de ultrapassar uma escotilha aberta. No que diz respeito a escadas verticais entre os diversos pavimentos, atualmente os ROV não têm capacidades de as ultrapassar, sem a ajuda do operador EOD. Torna-se então necessário neste tipo de operações no interior dos navios que este seja facilmente transportável pelo operador EOD até ao pavimento em que se encontra a potencial ameaça e avançar a partir desse ponto.

Quanto à agilidade do braço manipulador, esta é definida pela capacidade de acesso, liberdade de movimentos e ângulos de ataque. Enumerando as capacidades mais importantes: Suportar o seu próprio peso com o braço manipulador, aumenta significativamente a capacidade de superar obstáculos de grandes dimensões; capacidade de através do braço manipulador voltar à posição inicial, em circunstâncias em que o ROV encontrar-se tombado, não conseguindo progredir.

A liberdade de movimentos do braço deve existir até aos ângulos de operação possíveis em 3 pontos. No ombro os ângulos de operação devem ser dos 0° a 180°<sup>80</sup> e com rotação da torre de 360°. No cotovelo os ângulos de operação variam entre os 90°

---

<sup>80</sup> Devem ser os limites máximos de rotação do ombro que a plataforma do ROV permitir, isto é, até ao limite onde a zona do braço entre o ombro e o cotovelo tocar na plataforma.

e os  $-90^\circ$ . No pulso deve possibilitar a rotação do manipulador longitudinalmente<sup>81</sup> de  $360^\circ$  e rotação de  $-90^\circ$  a  $+90^\circ$  no sentido transversal<sup>82</sup>. Quanto aos alcances do braço manipulador, que podem ser aumentados com recurso a braços telescópicos como acessório ou integrados no braço manipulador, deveram estar compreendidos no limite mínimo entre 1,80 m e 2,70 m. Os ângulos e alcances foram determinados através dos padrões e limites máximos de operação dos ROV atuais.

Conforme tendência de futuras construções, como referenciado no anexo B, e atendendo às vantagens que daí provêm, a tecnologia háptica, é algo a ter em conta ao melhorar ainda mais as condições de sensibilidade e suavidade de movimentos. A utilização de um braço com dois manipuladores contribuirá cada vez mais para diminuir as limitações de operação no que à agilidade e destreza diz respeito.

#### **4.3.3 Unidade de controlo**

Analisando a estratégia de construção da atual indústria da robótica móvel no âmbito do caso em estudo, principalmente as empresas *Quinetic* e *Irobot*, verifica-se a tendência para a utilização de comandos de controlo constituídos por um computador e o respetivo periférico (*gamepad* da *XBOX* ou *Playstation*). Esta estratégia de construção, trata-se de uma vantagem para o operador garantindo uma rápida adaptação ao uso máximo das capacidades do ROV. Os comandos referidos anteriormente devem ser utilizados para controlo da plataforma e braço manipulador e por razões de segurança os canais de fogo dos disruptores, as *shotguns* e o equipamento raio-x devem estar em comandos diferenciados. A unidade de controlo deve ser um computador portátil para além de permitir o seu transporte fácil, em casos de avarias permite a substituição por outro com o mesmo *software* (BARROSO, 2015).

Em questões de *software*, adotar as vantagens dos sistemas que incluem posições predefinidas do braço manipulador (subir escadas; descer escadas; inspecionar debaixo de um veículo ou no seu topo) bem como dos *flippers*. A exibição

---

<sup>81</sup> Rotação sobre o próprio eixo.

<sup>82</sup> Perpendicular ao sentido do braço

de um modelo em 3D do ROV na unidade de controlo traz ao operador a configuração e movimentos em tempo real do ROV.

No âmbito dos protocolos de comunicação deve existir dois tipos ao qual o ROV deve estar preparado para integrar. A fibra ótica é utilizada em situações de baixa propagação de radio frequências, tais como ambientes urbanos onde a propagação do sinal *wifi* é diminuída, justificando-se a sua utilização no interior de edifícios e navios. No uso de fibra ótica deve-se possuir um enrolador automático que recolha o cabo em excesso sempre que necessário. Recorre-se também à fibra ótica em ambientes com o espectro eletromagnético excessivamente empastelado (seja por razões de proteção de força com ECM ou por empastelamento inimigo), por forma a evitar quaisquer interferências na obtenção de imagens e controlo do ROV.

Nas restantes situações a comunicação através do sinal *wifi* é o procedimento mais célere e prático, tendo de ser salvaguardada a segurança do sinal, através da sua encriptação evitando que terceiros tenham acesso ao controlo do ROV. Deve estar preparado para mudança de canais de frequência de controlo para aumentar as opções do operador na decisão entre os tipos de comunicação. Adotar o procedimento automático, de em casos de perda do sinal entre o ROV e a unidade de comando, o ROV para o movimento e recua até recuperar o sinal.

Para os dois tipos de protocolos de comunicação referidos anteriormente o alcance de operação deverá ser pelo menos 400 metros, não estando limitado a nenhum alcance máximo.

#### **4.3.4 Obtenção de imagens**

A obtenção de imagens é uma prioridade para as equipas EOD, permitindo um controlo efetivo da condução do ROV bem como a avaliação da situação e a minuciosidade de movimentos junto á ameaça. Passa-se a enumerar, segundo Lamego (2015) e Barroso (2015), quais os equipamentos necessários:

- Câmaras de condução dianteira e traseira para visão panorâmica 180°;
- 1 Câmara de IR ou térmica;
- Capacidade de transportar equipamentos de raio-x;

- Câmara no pulso do braço manipulador para ações com manipulador e de interrupção.
- Câmara extensível no cotovelo do braço articulado ou na plataforma para o operador ter uma vista na 3ª pessoa do braço manipulador.

Os suportes das câmaras devem ser universais entre si por forma a aumentar a versatilidade no uso de diferentes sensores eletro-óticos conforme necessidade.

#### **4.3.5 Autonomia**

A duração dos trabalhos é determinada pela agilidade do operador e das capacidades do ROV na tarefa. O facto de se tratar de um meio remoto e fundamentado pela doutrina, estes não necessitam de cumprir com *soak times*, isto é, podem ser empenhados sem ter tempos de espera.

Atualmente o padrão de construção varia entre a 2 e 5 horas, sendo de referir a facilidade e acessibilidade na mudança de baterias.

#### **4.3.6 Ferramentas**

A construção modular tem como principal objetivo a adaptação de diferentes ferramentas conforme a tarefa a desempenhar. É padrão nas construções das diversas empresas, devendo ser criada então suportes ou mecanismos de adaptação universais às seguintes ferramentas:

- Disruptores – associado a esta ferramenta deve existir um dispositivo de mira, que com recurso a um laser permite ao operador através da câmara ajustar o ponto de impacto. Deve ter suporte para múltiplos disruptores;
- *Shotgun*;
- Equipamento Raio x – Constituído por duas partes. O gerador de impulsos fica na plataforma do ROV e com o manipulador segura a placa. O gerador de impulsos deve ter liberdade de ser movimentado da plataforma para uma posição no chão que o manipulador alcance em casos de necessidade;

- Manipulador – Utilização do manipulador como suporte universal para várias ferramentas, tais como ferramentas de corte, quebra vidros, chaves e ganchos de reboque. Os suportes para disruptores e *shotguns* devem evitar ser colocados no manipulador, devido ao recuo destas ferramentas no disparo;
- Sensor para deteção de explosivos, agentes químicos e biológicos;
- Suporte de ferramentas – designado de “*tool magazine*”, situado na plataforma que permite ao ROV trocar de ferramentas sem necessidade de intervenção manual do operador. A esta ferramenta tem de estar associado o ponto anteriormente referido do manipulador ser o suporte universal das ferramentas;
- Localizador GPS – Envia posição para a unidade de controlo bem como registo do seu trajeto;
- Mecanismo de reboque – para executar tarefas que exigem transportar equipamentos de grandes dimensões (ex. Congelador de espoletas);

#### 4.3.7 Dimensões

Quanto ao ROV de inativação ligeiro deve cumprir com os seguintes aspetos, segundo o referenciado no estado da arte:

- Peso entre 25 a 70 quilogramas
- Dimensões:
  - 68 a 130 cm de comprimento
  - 45 a 56 cm de largura
  - 56 a 124 cm de altura

As suas dimensões conforme balizadas anteriormente são por forma a garantir que o ROV se torne transportável em qualquer veículo, que diminuindo o seu tempo de empenhamento.

#### **4.3.8 Outros**

O ROV deve ser ambientalmente selado não só para resistir ao contacto com água, mas para estar preparado para ser empenhado em ameaças CBRN.





## 5. RECUPERAÇÃO OPERACIONAL DO ROV HUNTER

---

No presente capítulo será analisada a viabilidade ROV S.A. 100 Hunter, inoperacional, e quais as atualizações e melhoramentos a realizar. Neste capítulo serão também apresentadas quais as capacidades restauradas através da reabilitação do ROV Hunter, e quais as missões em que poderá ser empenhado com os respetivos constrangimentos e restrições. O principal objetivo deste capítulo é responder à Q1 e perceber se é possível a curto prazo, equipar o DMS1 com um ROV capaz de reestabelecer a capacidade de operação remota.

### 5.1 Testes Iniciais

Foram objeto de estudo, todos os componentes do ROV Hunter. Para o efeito foi utilizado como fonte de energia uma bateria de 12 V – 100Ah e em determinados casos a não existência de componentes ou o facto de estarem danificados definiu o resultado do teste através de inspeção visual ou medição de condução elétrica através de um multímetro<sup>83</sup>.

Os testes realizados aos motores elétricos, efetuaram-se através da ligação direta aos terminais da bateria com os terminais dos motores, sendo deste modo, testes sem controlo de potência, à velocidade máxima sem variação da velocidade. No mesmo âmbito, para testar em ambos os sentidos de rotação, foi realizada a inversão da polaridade.

Após a realização dos testes, os componentes foram separados em 3 grupos<sup>84</sup> tendo como critério o seu estado de funcionamento e nível de recuperação

---

<sup>83</sup> Aparelho de medida elétrica, capaz de realizar a medição elétrica de três tipos diferentes: Voltímetro, Ohmímetro e Amperímetro.

<sup>84</sup> Ver Figura. 9.

A Tabela 13 apresenta a designação dos grupos e enumera os testes realizados bem como os resultados obtidos e tipo de teste realizado, conforme referido no primeiro parágrafo do presente subcapítulo.

Componente testado		Resultado	Tipo de teste
Motores da plataforma (2 unidades)			Alimentação elétrica
Braço manipulador	Motor Ombro		Alimentação elétrica
	Motor Superior		Alimentação elétrica
Plataformas rotativas	Cotovelo		Alimentação elétrica
Câmaras	Pulso		Alimentação elétrica
Câmaras	Cotovelo		Inspeção visual
	Pulso		Multímetro
Sistema elétrico	Fonte de energia		Inspeção visual
	Controladores de Potência		Multímetro
	Ligações elétricas		Inspeção visual
Garra			Inspeção visual / Alimentação elétrica
Unidade de controlo			Inspeção visual
Cooler			Alimentação elétrica

**Legenda:**



- Operacional



- Inoperacional



- Sem recuperação/não existente/ Obsoleto

**Tabela 13. Resultados dos testes iniciais dos componentes do ROV S.A. 100 Hunter**

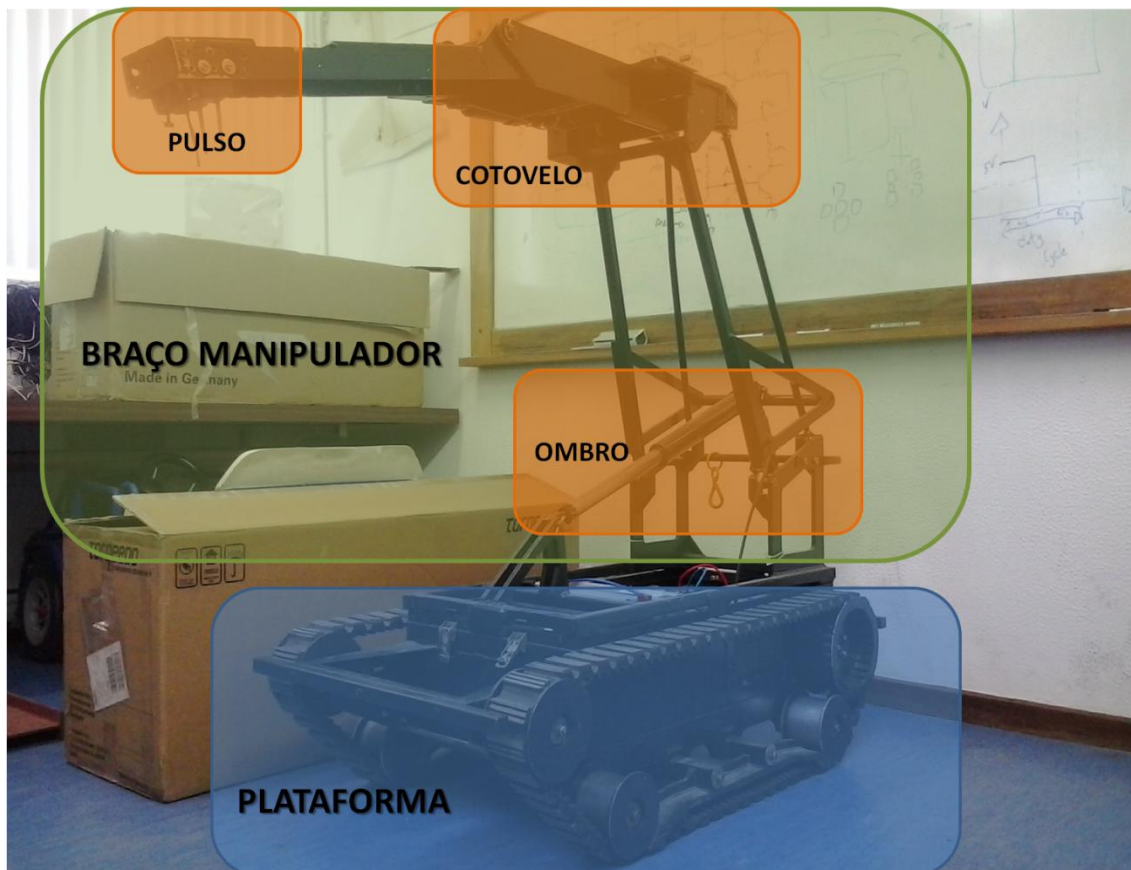


Figura 9. Divisão estrutural do ROV S.A. 100 Hunter

### 5.1.1 Componentes Operacionais

Como apresentado na tabela anterior os resultados obtidos dos testes iniciais foram as boas condições e estados de operação de todos os motores elétricos exceto o motor do manipulador.

Os motores pertencentes à plataforma foram testados em plano livre verificando-se a deslocação das lagartas em ambos os sentidos.

Quanto aos motores da estrutura do braço manipulador, tanto o motor do ombro como o do cotovelo, trabalharam normalmente nos sentidos ascendente e descendente.

Os ângulos de operação do ombro são entre os  $0^\circ$  e os  $80^\circ$ , e no caso do cotovelo varia entre os  $15^\circ$  e os  $-45^\circ$ .

Por ultimo, apesar da não existência da câmara na plataforma rotativa do cotovelo, tanto a plataforma rotativa anteriormente referida como a do pulso realizaram os movimentos em ambos os sentidos.

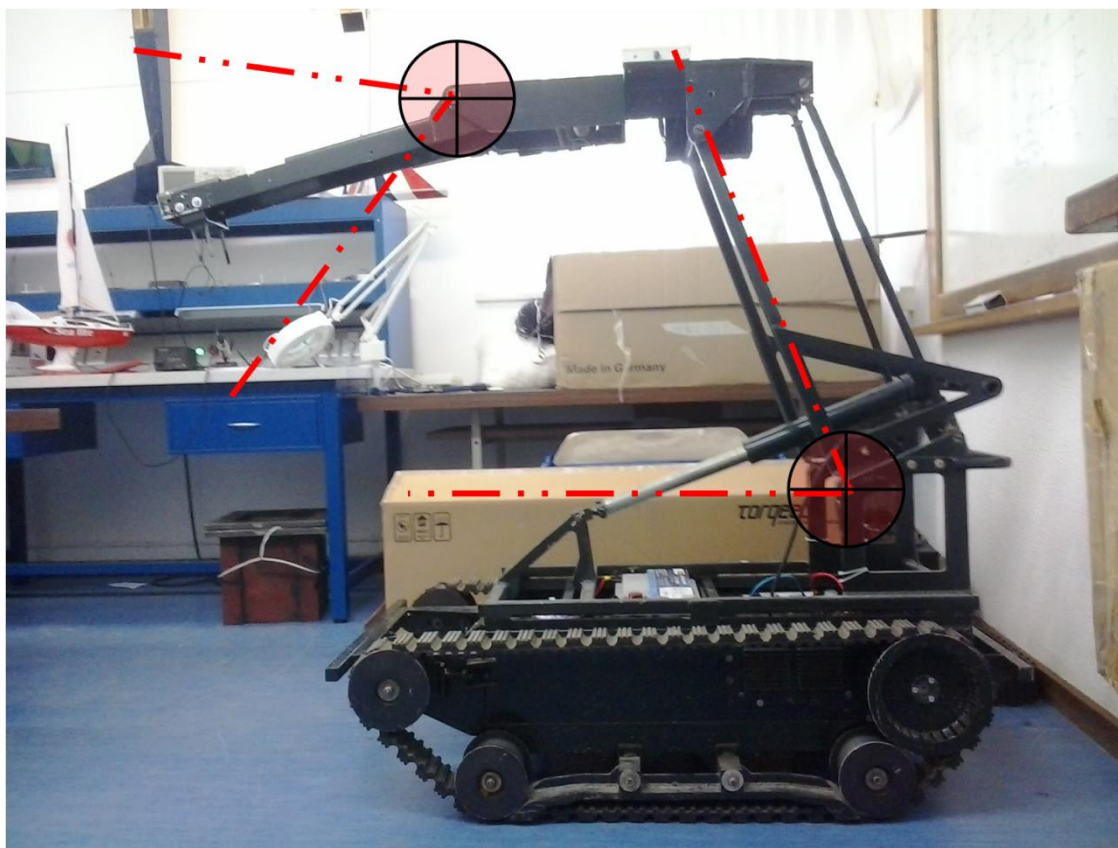


Figura 10. Esquema ângulos de operação do braço manipulador ROV Hunter

### 5.1.2 Componentes Inoperacionais

O grupo de componentes inoperacionais foi dividido em duas secções. Os designados de “sem recuperação/não existente/obsoleto” cujo foram identificados com a etiqueta vermelha e os designados de Inoperacionais com as respectivas etiquetas amarelas.

No que diz respeito aos componentes sem recuperação, foi possível analisar três aspetos importantes na estrutura de todo o ROV sobre os quais tornou-se evidente a sua necessidade de recuperação. No apêndice E é possível observar fotos de todos os componentes.

A Unidade de controlo constituído por um comando, conforme fotos em apêndice 5, e como meio de comunicação um cabo de multifios que se encontrava sem ligação física ao ROV, consequência do seu estado de degradação. O elevado diâmetro e comprimento comprometem a sua ligação e carregamento por parte do ROV Hunter bem como da sua interoperabilidade com outros sistemas. No conjunto de todos os resultados, o sistema revela-se obsoleto e de necessária substituição por um sistema mais atual.

O sistema elétrico, em quase toda a sua totalidade, encontrava-se desconectado e danificado quer em termos de ligações como de componentes que o constituem. Esta análise foi realizada através da inspeção visual, no caso das ligações elétricas, e através de um multímetro, no caso dos controladores de potência, para verificar a diferença de potencial entre os terminais do controlador que apresentou descontinuidade. No que diz respeito á fonte de energia, a não existência de baterias para alimentar o circuito foi mais um fator que contribuiu para a inoperacionalidade do sistema.

Para finalizar a descrição dos resultados obtidos dos testes realizados, o manipulador que acompanhava o ROV encontrava-se danificado no eixo de rotação, apresentando falta de esferas de rolamentos. O motor elétrico apesar de ter um dos terminais danificados quando alimentado efetuou rotação em ambos os sentidos. No entanto, por consequência de estar danificado no seu eixo de rotação, o movimento do motor elétrico não resultou em nenhum movimento do manipulador.

## 5.2 Comando e controlo do ROV

Tal como ilustrado na Figura 11, a sequência do sistema de comando e controlo é iniciada através das instruções transmitidas pelo operador no computador portátil com capacidade de comunicar por *Bluetooth*, *wifi* ou por fibra-ótica. Como periférico do computador usou-se um *gamepad*<sup>85</sup>. Também foi usado como interface um *tablet* ou *smartphone*.

---

<sup>85</sup> Comando de videojogos, para utilização com ambas as mãos, utilizando os dois polegares para acionar os botões.

Após a receção dos dados da unidade de controlo, a eletrónica de comando representada pelo *arduino*, processa esses mesmos dados digitais, enviando um sinal *PWM* (*Pulse Width Modulation*) para o controlador de potência.

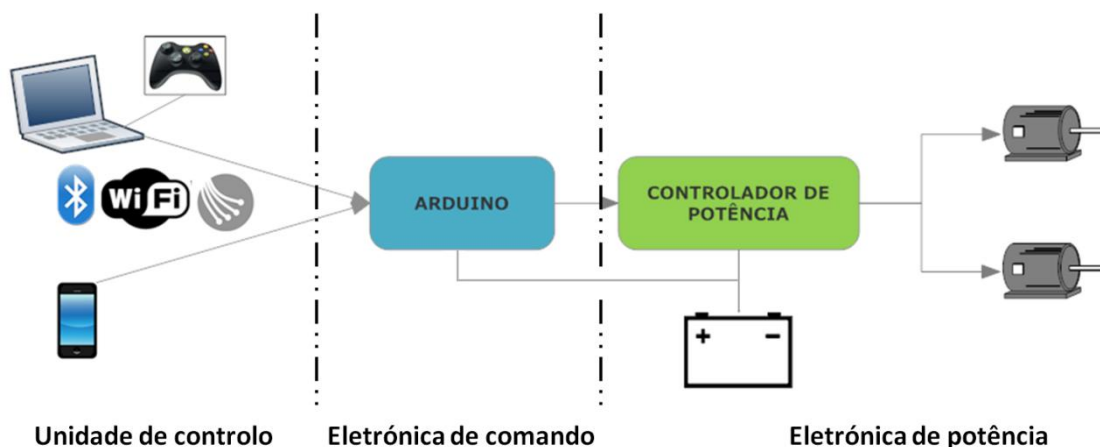


Figura 11. Arquitetura de comando e controlo do ROV S.A. 100 Hunter

No final desta sequência, na eletrónica de potência, o controlador de potência resultado do sinal *PWM* recebido, faz os motores iniciarem o movimento no sentido e na potência que o operador inicialmente executou na unidade de controlo.

A eletrónica de comando e a eletrónica de potência foram ambas alimentadas pela bateria.

### 5.2.1 Unidade de controlo e comunicação

Para o efeito, a interação entre o arduino e a unidade de controlo, o computador portátil, foi realizada através do protocolo padrão de comunicação definido pela IEEE 802.15, que segundo o IEEE Std 802.15<sup>86</sup>, foi projetado para baixos consumos de energia mas com baixo alcance. Devido aos seus transmissores de baixo custo em cada dispositivo é um protocolo de comunicação sem fios como alternativa a onde é garantida a proximidade entre dispositivos que executam troca de dados.

<sup>86</sup> Documento que regula, e contem as especificações e requisitos padrão do protocolo de comunicação, designado de “*IEE Standart for Information technology – telecommunications and information Exchange between systems – local and metropolitan area networks – specific requirements*”.

As distâncias de operação definem-se em termos médios, dentro das distâncias estipuladas na seguinte tabela:

Classe	Potência MAX.	Alcance
1	100 mW	Até 100 m
2	2.5 mW	Até 10 m
3	1 mW	1 m

Tabela 14. Distâncias médias de operação do por Bluetooth (SHOEMAKE, 2001)

Para efeitos de teste de todo o sistema de comando do ROV foi utilizado este protocolo de comunicação. O módulo utilizado tem como referência uma potência de transmissão de 2.5 mW inserindo-se deste modo na classe 2.

Para aplicação em definitivo do ROV, e em concordância dos requisitos definidos anteriormente, o módulo *Bluetooth* ligado ao *arduino* deve ser substituído por um módulo *wifi* e testado os alcances do mesmo.

Na memória do *arduino* foi feito o *upload* do código do programa conforme apresentado no apêndice D. A comunicação de dados é feita com dois tipos diferentes programação.

### 5.2.2 Eletrónica de comando de 5V

Segundo Santos (2009), o sinal PWM traduz a capacidade de utilizar modelação de largura de impulso, consequência do processamento de um sinal digital por parte de um microcontrolador. Segundo a dedução da equação realizada nesta referência bibliográfica podemos concluir, que a tensão média (" $V_{dc}$ ") é diretamente proporcional ao "duty cycle" (D) do sinal PWM. É de esta do sinal PWM se faz variar a tensão numa gama de valores no intervalo de 0 a 5 V. A título de exemplo, recorrendo à figura 12, no primeiro exemplo, o interruptor permaneceu 50% do tempo aberto e 50% fechado. Consequência desta operação, a tensão média sobre a carga, e consequentemente a potência média entregue, é de 50%. Isto é, na realidade estão sendo aplicadas à carga tensões de zero ou cinco volts, mas o efeito equivalente que se observa é o de 2,5

volts. É neste aspeto que a variação do “*duty cycle*”, do sinal PWM, permite variar os valores de tensão aplicados no motor (MOREIRA, 2014).

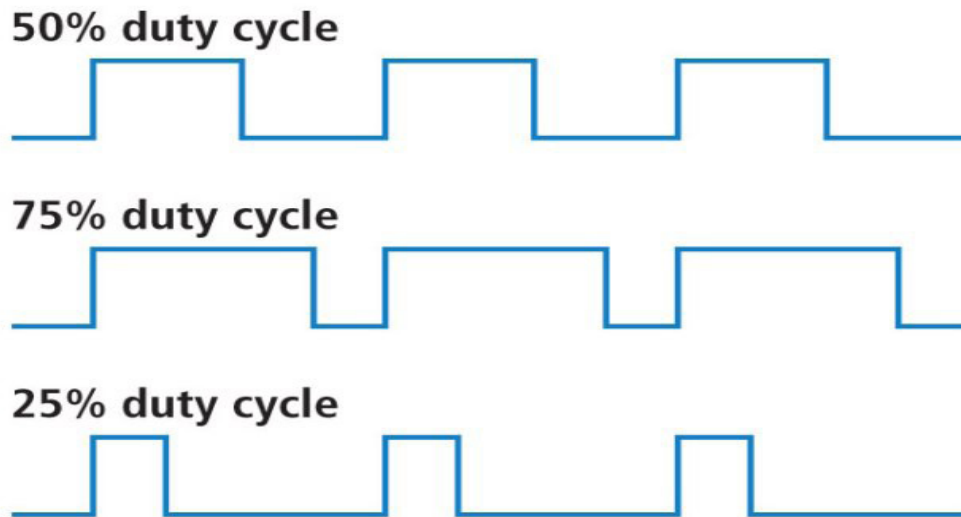


Figura 12. Formas de ondas com diferentes "duty cycles" (MOREIRA, 2014)

O passo seguinte, em paralelo com a programação do código para o *arduino*, foi efetuar as ligações entre o *arduino*-Modulo Bluetooth e *Arduino*-controlador de potência. Em sequência das ligações estabelecidas foi criada a seguinte tabela PINOUT.

POWER	GND	Controlador de potência
POWER	5V	VCC Bluetooth
POWER	GND	GND Bluetooth
DIGITAL IN/OUTPUT	10	TX Bluetooth
DIGITAL IN/OUTPUT	11	RX Bluetooth
DIGITAL IN/OUTPUT	9	5V - Controlador de potência
DIGITAL IN/OUTPUT	7	DIR 1
DIGITAL IN/OUTPUT	3	PWM 1
DIGITAL IN/OUTPUT	8	DIR 2
DIGITAL IN/OUTPUT	2	PWM 2

Tabela 15. Tabela PINOUT

Em complemento a esta tabela de ligações do *arduino*, no apêndice C encontram-se representadas todas as ligações entre elementos do sistema de comando e controlo, bem como o esquema geral.



### 5.2.3 Eletrônica de controlo de potência

Para compreender melhor o funcionamento de motores de CC (corrente contínua) é necessário entender seus princípios. Os motores são normalmente formados por magnetos permanentes, e um rotor que possui vários enrolamentos elétricos. Esses enrolamentos geram um campo magnético que, em conjunto com o campo do criado pelos magnetos, gera um binário no motor (MAIMON, 2004).

“Considerando uma máquina DC de excitação independente de fluxo constante podemos verificar que o  $\phi$  – fluxo - vai ser constante e  $k_a$  é uma constante que vai contabilizar o número de espiras no motor. Sendo fácil verificar então que o binário eletromagnético vai ser proporcional à corrente  $i_a$ , através da constante  $k_a\phi$ . “ (SANTOS, 2013, p. 13).

Conclui-se que quanto maior a corrente maior será o binário do motor. Variando a tensão nos terminais do motor, varia-se sua velocidade e caso seja necessário mudar a direção do motor, é necessário inverter os terminais do motor ou gerar uma tensão negativa entre seus terminais. Segundo Maimon (2004), para solucionar a esta inversão da polaridade dos terminais surge, a necessidade de recorrer a um driver de corrente que utilize o método de Ponte em H. O método é vantajoso para a elaboração deste projeto, permitindo a utilização com circuitos digitais, onde os sinais de saída dos microcontroladores não suportariam a corrente necessária para acionar um motor. Através deste controlador de potência é possível

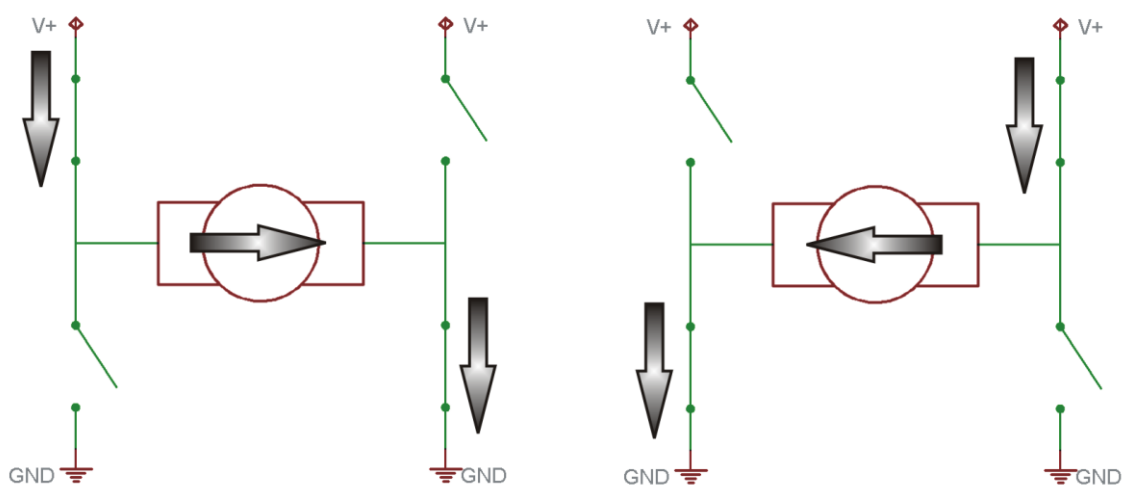


Figura 13. Funcionamento de ponte em H (MAIMON, 2004)

fazer a ponte entre a eletrônica de 5V (*ardunio*) e os motores, alimentados por uma fonte de energia adequada.

A constituição de uma ponte H simples são quatro elementos interruptores, normalmente transístores bipolares ou FET<sup>87</sup>, posicionados formando a letra “H”, com o motor no centro. Conforme a figura seguinte, ligando o conjunto de elementos interruptores que se encontra na diagonal um do outro, inverte-se o sentido da passagem de corrente, resultando na inversão o sentido da rotação do motor (MOREIRA, 2014).

Em cada um dos elementos interruptores existe um díodo em paralelo com o objetivo de servir de elemento de proteção do circuito para casos de corrente reversa, nos momentos de inversão do sentido da corrente (PATSKO, 2006).

### 5.3 Objetivos da recuperação

Após adquirir todos os dados e analisar os resultados provenientes de ambas as partes, prática e teórica, é de facto necessário referir os pontos nos quais o atual ROV está deficitário e necessita de intervenção. É também momento de definir o que o ROV ainda pode ser capacitado e quais os seus objetivos no futuro.

Apesar de tudo, e utilizando como referencia as entrevistas realizadas, a existência de o meio remoto é de extrema importância, e apesar da sua construção mais antiga, a sua utilização pode não capacitar globalmente o DMS1, mas permite colmatar algumas destas necessidades de meios remotos. A construção de raiz de um ROV, seria a situação ideal para colmatar todas as lacunas, e por forma a garantir atualização e cumprimento de todos os requisitos operacionais dos ROV EOD. Este deverá ser um objetivo importante a garantir com esta dissertação, alertar para a necessidade de iniciar um projeto de construção de um ROV. No entanto, por forma a garantir a existência de meios remotos enquanto todo este processo de construção, ou até mesmo de aquisição, que são processos morosos, vai realizar-se a reabilitação do

---

<sup>87</sup> Componente de sistemas elétricos, com três terminais onde é possível usar a tensão entre dois dos terminais para controlar o fluxo de corrente no terceiro terminal, tendo assim uma fonte controlável. (MOREIRA, 2014).

ROV *Hunter* com equipamentos sem elevado custo monetário quer de requalificação como de manutenção. As conclusões retiradas nos parágrafos seguintes foram baseadas nos requisitos operacionais definidos e nas entrevistas realizadas.

### **5.3.1 Análise de resultados dos testes ao ROV *Hunter***

Como referido nos capítulos anteriores, o ROV *Hunter* deve ser capaz ter agilidade para ultrapassar obstáculos em altura, além de conseguir ultrapassar os elementos naturais existentes. A estrutura da plataforma, apesar do seu estado operacional, não é ambientalmente selada e pode permitir a entrada de água, e mesmo em casos de missões de ameaça CBRN, não estará a habilitado a desempenhar.

De facto, analisando os ROV que equipam as principais equipas EOD pelo mundo inteiro, é notório o défice de agilidade que o ROV *Hunter* tem relativamente aos seus sucessores. A falta de uma maior agilidade nos movimentos de rotação do braço, tais como rotação de 360º do ombro e maiores ângulos de ataque do cotovelo e do ombro. Trata-se de uma característica que não pode ser melhorada e onde não é possível alterar a estrutura do braço manipulador.

No que diz respeito á ferramenta designada de manipulador, existem 2 aspetos que pesam nas conclusões a retirar, que são as suas capacidades e a inoperabilidade do componente. A dimensão elevada do manipulador diminui significativamente a sua agilidade e aumenta as dimensões do próprio ROV. O facto de manipulador não estar operacional leva a que a utilização do atual manipulador não faça sentido e em conjunto com o facto de não estar adequado às suas tarefas, a recuperação do mesmo não é opção.

Na sequência do que vem sendo apresentado neste subcapítulo, a já antiga estrutura e as limitações que apresenta levam a que o atual ROV não seja a plataforma adequada para equipar com todos os equipamentos e ferramentas. Deve ser encarado como uma solução temporária no que toca na utilização de meios remotos. Seguindo esta premissa que nos parágrafos seguintes se apresentará os trabalhos futuros a realizar.

### 5.3.2 Aquisições

De acordo com entrevistas nos apêndices A e B, o principal objetivo do ROV será equipá-lo de modo a realizar ações de disrupção, tendo em conta as suas dimensões peso e falta de agilidade. Este tipo de ações não exige grandes capacidades em termos de agilidade do braço manipulador, existindo apenas necessidade de se aproximar do engenho, apontar e efetuar o disparo. Em complemento, se as circunstâncias e os obstáculos assim o permitirem, pode executar ações de investigação e reconhecimento de IED.

Na sequência do anteriormente concluído quanto à sua finalidade, existem necessidade de equipar de maneira adequada o ROV *Hunter* por forma a cumprir com rigor os procedimentos e técnicas. Neste âmbito existem características a garantir que serão apresentadas nos próximos parágrafos.

No âmbito da obtenção de imagens, adquirir uma câmara a cores para colocar na zona do pulso com o objetivo de garantir ao operador uma visão próxima do engenho. Deve possuir uma câmara a cores com capacidade de realizar *zoom* junto à estrutura do cotovelo, mas deslocada para o exterior, por forma a garantir uma perspetiva na 3ª pessoa do braço manipulador ao operador, semelhante à utilizada no 710 Kobra a designada “*Hi-back camera*”. Na plataforma rotativa do cotovelo uma câmara IR para condução em ambientes de pouca visibilidade. Para finalizar, as respetivas câmaras de condução traseira e dianteira, que se situariam na estrutura da plataforma e devem ter um ângulo alargado de visão.

No que toca às ferramentas, a existência deste tipo de equipamento já estar disponível para uso do DMS1, a necessidade principal não é adquirir equipamentos, mas sim criar um suporte universal para uma grande versatilidade de ferramentas. As ferramentas a incorporar seriam disruptores, shotguns e uma estrutura para equipamento raio-x semelhante ao usado no ROV Defender.

### 5.3.3 Atualizações e Melhoramentos

Pelo que foi já referido anteriormente, no que diz respeito a atualizações, na estrutura do ROV não é viável. No entanto, nas áreas do *software* e *hardware* do sistema de controlo e comando existe margem de progressão, sendo que é uma área na qual os recursos e trabalho desenvolvido são utilizáveis em um ROV a construir.

Em primeiro lugar, na área de controlo do ROV *Hunter*, são a criação de um mecanismo de travagem que permita em situações de declive este consiga manter a sua posição estática. Atualmente os controlos ainda são simples e servem provar o conceito de movimento, sugerindo-se a utilização de um *joystick* para aumentar a sensibilidade e precisão de movimentos.

Em questões de *software*, a programação de uma aplicação para o controlo do ROV é essencial, sendo de incluir a predefinição de posições do braço manipulador (subir escadas; descer escadas; inspecionar debaixo de um veículo ou no seu topo) e bem o modelo em 3D do ROV para o operador a configuração e movimentos em tempo real.

Para utilização de disruptores, recorrendo à bateria do ROV *Hunter* como fonte de energia, é necessário criar canais de fogo, que após o sinal de comando enviado pela unidade de controlo, proporcionem a passagem de corrente para os terminais do disruptor.

Conforme referido anteriormente, no que diz respeito ao comando e ao seu protocolo de comunicação de dados a substituição do módulo de Bluetooth por um módulo *wifi*, executando os respetivos testes de alcances e estudo da encriptação do sinal para segurança do operador.



## 6. CONCLUSÃO

---

Neste capítulo pretende-se efetuar uma análise sumária do trabalho desenvolvido, assim como dos resultados apresentados, frisando quais os aspetos mais importantes influenciaram o produto final da dissertação. No final do capítulo serão apresentadas as recomendações e sugestões para trabalhos a realizar no futuro, visto ser um projeto ainda numa fase inicial.

### 6.1 Análise Sumária do trabalho desenvolvido

Neste projeto foi possível associar uma componente teórica e prática dando ao projeto algum sentido e objetivo. Antes de se iniciar um projeto desta natureza, como a construção de um ROV EOD de raiz, é primeiro necessário compreender 3 fatores importantes que são as necessidades do utilizador, as missões e condições em que vai ser empenhado e por último o que doutrina define sobre a sua construção e utilização.

Ao longo de toda a dissertação foram apresentados de forma lógica, o estudo dos 3 fatores contribuindo para chegar a conclusões sobre o projeto, delineando objetivos e marcas a atingir.

Do ponto de vista do utilizador, é possível compreender a importância que um meio remoto tem no desempenho das funções do destacamento. Analisando forças EOD congéneres percebe-se que a falta de um meio remoto terrestre não é aceitável e que é de todo necessário colmatar essa lacuna a curto prazo. É da consideração do DMS1, a importância primordial para a segurança dos operadores EOD que esta limitação material de ROV terrestre traz contra ameaças IED, recomendando alguma prudência na atribuição deste tipo missões pelo risco que os operadores possam estar a ser colocados.

O ponto de vista apresentado anteriormente é corroborado pela doutrina, devido à crescente ameaça dos IED nos teatros de operações atuais e futuros, dando maior importância aos Diagnostic procedures e Render-Safe Procedures (RSP) (com o mínimo de destruição) que permitam a recolha de o máximo de componentes e informações durante os Recovery procedures, na sequência do denominado combate

ao IED (C-IED). A esta filosofia de ação junta-se a necessidade de redução do risco do pessoal trazendo a necessidade de realizar um balanceamento entre a necessidade de recolha de indícios forenses e a segurança dos operadores. Portanto o uso de ROV está a ganhar primazia por permitir afastar o operador do engenho e reduzir o número de aproximações manuais, ao mesmo tempo, que permite fazer um número ilimitado de aproximações remotas para inúmeros procedimentos de diagnóstico e de RPS.

Torna-se teoricamente impossível uma força EOD sem ROV operar de forma conjunta, numa operação EOD multinacional, dado que não conseguiria cumprir com as SOP e GUIDE-LINES promulgadas para este tipo de operações por não cumprir com os requisitos mínimos estabelecidos para esse teatro de operações.

É neste intuito que a componente prática passava por garantir uma solução temporária ao DMS1 para cumprimento da doutrina. Após o estudo da plataforma também se concluiu que ROV *Hunter* em comparação com os atuais ROV possui muitas limitações, na obstante, permite tal como em 1972<sup>88</sup> cumprir o principal objetivo para que foi criado o conceito de ROV, criar uma separação do risco entre a ameaça e os operadores.

Na continuação do que vem a ser referido nos parágrafos anteriores, a resposta á Q1 através da recuperação do ROV *Hunter*, proporcionando-lhe operacionalidade com um sistema de comando e controlo, sem esquecer das devidas melhorias que devem ser realizadas futuramente, a H1 foi provada pois verificou-se que com recurso a um baixo orçamento realizou-se a modernização do sistema.

Quanto à Q2, de como reerguer a médio/longo prazo a capacidade de utilização de meios remotos, através do estudo de todos os fatores que contribuem para a definição dos requisitos operacionais do equipamento, permitiram elaborar um conjunto de características e capacidades para um projeto de um ROV EOD para equipar o DMS1. Neste âmbito da criação de projetos, é de referir que este é um conceito que já vem sendo trilhado e avançado na Marinha Portuguesa, como é o caso dos ROV e AUV utilizados na guerra de minas para missões EOR em ambiente

---

<sup>88</sup> Ano da criação do *Wheelbarrow*.



marítimo. Faltam neste momento, projetos em colaboração com a Marinha no sentido de reerguer esta capacidade em terra, como se tem verificado com o caso dos AUV.

## **6.2 Recomendações e Sugestões de trabalhos futuros**

No âmbito da presente dissertação, no que ao plano operacional se refere sugere-se que sejam tomadas as seguintes linhas de ação:

- Criar um grupo de trabalho no seio da Marinha para a aquisição de um ROV EOD terrestre;
- Criação de um projeto para a construção de um ROV EOD

No âmbito da presente dissertação, no que ao plano académico se refere, sugere-se que sejam tomadas as seguintes linhas de ação:

- Projeto/Desenho de uma estrutura para ROV EOD;
- Projeto/Desenho de um manipulador;
- Melhoramentos no ROV Hunter apresentados no subcapítulo 5.3.



## 7. BIBLIOGRAFIA

---

- AAP-15. NATO Standardization Agency. (2015). NATO Glossary of Abbreviations Used in NATO Documents and Publications (ed.2015). Brussels, Belgium: NATO Standardization Agency.
- AAP-6. NATO Standardization Agency. (2014). NATO Glossary of terms and definitions of military significance for use in NATO (ed. 2014). Brussels, Belgium: NATO Standardization Agency.
- AEODP-12. NATO Standardization Office. (2015). Explosive Ordnance Disposal Information Security Standards (ed. A, v. 1). Brussels, Belgium: NATO Standardization Office (NSO).
- AEODP-3 Vol. II. NATO Standardization Agency. (2012). Inter-Service Improvised Explosive Device Disposal Operations - A Guide for Operators (ed. C, Vol. II). Brussels, Belgium: NATO Standardization Agency.
- AEODP-3 Vol.I. NATO Standardization Agency. (2012). Inter-Service Improvised Explosive Device Disposal Operations - A Guide for Staff Officers (ed. C, Vol. I). Brussels, Belgium: NATO Standardization Agency.
- AEODP-7. NATO Standardization Agency. (Maio de 2004). EOD equipment requirements and equipment. Brussels, Belgium: NATO Standardization Agency.
- AEODP-8. NATO Standardization Agency. (2011). Interservice Chemical Biological Radiological Nuclear Explosive Ordnance Disposal Operations (CBRN EOD) on Multinational Deployments. Brussels, Belgium: NATO Standardization Agency.
- ALLEN VANGUARD. (18 de Junho de 2009). *Unmanned systems/Rov*. Obtido em 8 de Agosto de 2015, de ALLEN VANGUARD, Defeating the threat: <http://reports.hms-online.org/ViewProduct.aspx?CategoryId=169&ProductId=491>
- ATP-72. NATO Standardization Agency. (2006). Interservice Explosive Ordnance Disposal Operations on Multinational Deployments on Multinational Deployments. Brussels, Belgium: NATO Standardization Agency.
- BARROSO, J. M. (27 de Julho de 2015). Entrevista ao Chefe do Departamento de Formação de Inativação de Engenheiros Explosivos - Escola de Mergulhadores. (G. R. Lopes, Entrevistador)
- COBHAM. (10 de Dezembro de 2014). *Remote Controlled Robotic Solutions*. Obtido em 25 de Maio de 2015, de COBHAM: <http://www.cobham.com/about-cobham/mission-systems/unmanned-systems/products-and-services/remote-controlled-robotic-solutions.aspx>
- CRUZ, H. M. (2013). *FHSS for Simultaneous Communications and Sensing*. Relatório de Projeto realizada(o) no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Telecomunicações, Eletrónica e Computadores, Faculdade de Engenharia. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- DIREÇÃO DE ENSINO. (2015). *Normas para a elaboração de dissertações, trabalhos de projecto ou relatórios*. Alfeite, Portugal: Escola Naval.
- DODDS, K. (2005). *Global Geopolitics: A Critical Introduction*. London, United Kingdom: Pearson Education.
- EXÉRCITO PORTUGUÊS. (6 de Fevereiro de 2015). Obtido em 8 de Junho de 2015, de Exército Português: <http://www.exercito.pt/Noticias/Paginas/ABERTURAEDESTRUIC3%87%C3%83ODECONTEINTORESCOMMATERIAISINDUSTRIASPERIGOSOS-RE1.aspx>
- FAHIM, K. (Maio de 2010). Bomb Squad Has Hard-Won Expertise. *The New York Times*, p. A23.

- FAP, F. A. (2015). *CTSFA - RIEE*. Obtido em 19 de Julho de 2015, de <http://www.emfa.pt/www/po/unidades/album-1C800-002.003-riee>
- GRÁCIO, R. S. (2011). *A valência Explosive Ordnance Disposal na Guarda Nacional Republicana*. Trabalho de investigação aplicada apresentado na Academia Militar. Lisboa: Academia Militar.
- HAWKINS. (1998). *Wheelbarrow. Debate no Parlamento do Reino Unido. Bound Volume Hansard*. Obtido em 15 de Junho de 2015, de *UK Parliament*: <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm199798/cmhansrd/vo981021/debtext/81021-17.htm>. London: UK Parliament.
- IOA 107. Estado-Maior da Armada - Divisão de Operações. (1996). Operações com engenhos explosivos. Lisboa, Portugal: Estado-Maior da Armada.
- IOA 109. Estado-Maior da Armada - Divisão de Operações. (1995). Conceito de emprego das Unidades de Mergulhadores. Lisboa, Portugal.
- IONAV 8000. Comando Naval. (2013). *Suplemento nº.3 - Unidades de Mergulhadores, (C)*, Padrões de Prontidão Naval. Oeiras, Portugal.
- IROBOT. (02 de Agosto de 2015). *IRobot Corporation*. Obtido de Irobot - For Defense & Security: <http://www.irobot.com/For-Defense-and-Security/Robots/710-Kobra#Military>
- LAMEGO, A. d. (Julho de 2015). Entrevista ao Comandante do Destacamento de Mergulhadores Sapadores Nº1. (G. R. Lopes, Entrevistador)
- MACHADO, M. (11 de Maio de 2015). *SEGUREX 2015*. Obtido em 20 de Agosto de 2015, de Operacional, defesa, forças armadas e segurança: <http://www.operacional.pt/segurex-2015/>
- MAGNUSON, S. (Maio de 2008). Navy to field a family of next-generation Bomb Disposal Robots. *National Defense Magazine*.
- MAIMON, F. (2004). *Projecto de um sistema electrónico para o controle de motores de alta potência por PWM*. Trabalho de final de curso apresentado na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- MELCO. (17 de Abril de 2008). Veiculo de controlo remoto, VCR - Robot Defender. Lisboa, Portugal.
- MOREIRA, G. C. (2014). *Acionamento de motores: PWM e Ponte H*. Universidade de São Paulo, Grupo de investigação Warthog Robotics. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- MOURA, C. (18 de Dezembro de 2013). *Porto de Setúbal realizou exercício de proteção*. Obtido em 16 de Julho de 2015, de Transporte, em revista: <http://www.transportesemrevista.com/Default.aspx?tabid=210&language=pt-PT&id=18077>
- NORTHROP GRUMMAN, E. S. (s.d.). *Wheelbarrow Revolution*. *Wheelbarrow Revolution*. United Kingdom.
- PATSKO, L. F. (18 de Dezembro de 2006). *Tutorial montagem da ponte H*. Obtido em 1 de Agosto de 2015, de Web site de Maxwell Bohr - Instrumentação eletrônica Ltda: [http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000\\_kdr5000/tutorial\\_eletronica\\_-\\_montagem\\_de\\_uma\\_ponte\\_h.pdf](http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica_-_montagem_de_uma_ponte_h.pdf)
- QINETIQ, N. A. (2015). *Unmanned Robotic Systems / Ground Robotics*. Obtido em 21 de Março de 2015, de QINETIQ: <https://www.qinetiq.com/services-products/survivability/UGV/Pages/default.aspx>
- RAMOS, G. A. (23 de Agosto de 2014). Al-Bagdadi líder do Estado Islâmico, o homem que vive rodeado de inimigos. *RTP - Rádio e Televisão de Portugal*, Obtido em 1 de Agosto de 2015, de [http://www.rtp.pt/noticias/mundo/al-bagdadi-lider-do-estado-islamico-o-homem-que-vive-rodeado-de-inimigos\\_n761808#sthash.IrYhOH1P.dpuf](http://www.rtp.pt/noticias/mundo/al-bagdadi-lider-do-estado-islamico-o-homem-que-vive-rodeado-de-inimigos_n761808#sthash.IrYhOH1P.dpuf)

- RIBEIRO, N. (11 de Março de 2014). Atentados de 11 de Março em Madrid planeados três anos antes no Paquistão. *Público, comunicação S.A.*, Obtido em 1 de Agosto de 2015, de <http://www.publico.pt/mundo/noticia/atentados-de-11-de-marco-em-madrid-planeados-no-paquistao-em-finais-de-2001-1627764>.
- SANTOS, N. P. (2009). *Arduino - Introdução e recursos avançados*. Escola Naval, Departamento de engenheiros navais ramo de armas e eletrónica. Alfeite: Escola Naval.
- SANTOS, N. P. (2013). *Controlo de binário de uma máquina de corrente contínua*. Escola Naval, Departamento de engenheiros navais ramo de armas e eletrónica. Alfeite: Escola Naval.
- SARAMAGO, J. (24 de Março de 2011). *Semana da Segurança e Protecção Civil do ISLA - Lisboa*. Obtido em 20 de Agosto de 2015, de <http://semanadaseguranca.blogspot.pt/2011/03/demonstracao-de-inativacao-de.html>
- SARMENTO, M. (2008). *Guia Prático sobre a Metodologia para a Elaboração, Escrita e Apresentação de Teses de Doutoramento, Dissertações de Mestrado e Trabalhos de Investigação Aplicada* (2ª ed.). Lisboa: Universidade Lusíada Editora.
- SHOEMAKE, M. B. (2001). *Wi-Fi (IEEE 802.11b) and Bluetooth Coexistence Issues for 2.4 GHz ISM Band*. White Paper Version 1.1, Texas Instruments.
- SILVA, E. L., & MENEZES, E. M. (2005). *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. Florianópolis, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.
- SMITH, M. (16 de Abril de 2001). Calls to honour inventor of bomb disposal device. *The telegraph*, Obtido em 24 de Julho de 2015, de <http://www.telegraph.co.uk/news/uknews/1316277/Calls-to-honour-inventor-of-bomb-disposal-device.html>.
- SRI International. (2015). *Taurus Dexterous Robot*. Obtido em 1 de Agosto de 2015, de SRI International: <http://www.sri.com/newsroom/videos/content/1779>
- STANAG 2143. NATO Standardization Agency. (2005). *Explosive Ordnance Reconnaissance/Explosive Ordnance Disposal (EOR/EOD)* (5ª ed.). Brussels, Belgium: NATO Standardization Agency.
- VERSPRILLE, A. (Junho de 2015). Bomb Squad Robots Taking Human Form. *National Defense Magazine*, 11.



## APÊNDICES

---

### **Apêndice A - Entrevista ao Comandante do Destacamento de Mergulhadores Sapadores Nº1**



#### **ESCOLA NAVAL**

##### **Guião de Entrevista DMS1**

No âmbito da Dissertação de mestrado do Aspirante de Marinha Rodrigues Lopes, esta entrevista destina-se a recolher informação sobre as necessidades e requisitos operacionais de um futuro ROV EOD.

Devido à impossibilidade realizar a entrevista presencialmente, foi enviado ao entrevistado o guião que se apresenta, via correio eletrónico. Tendo sido recebidas as respostas pelo mesmo meio. O seu conteúdo será utilizado apenas para fins académicos, sendo respeitado o sigilo profissional segundo os preceitos éticos e científicos.

#### **Caracterização do entrevistado.**

**Nome: 1TEN Costa Lamego**

**Cargo: Comandante Destacamento de Mergulhadores Sapadores N.º1**

## **Importância do equipamento:**

**1. Em que tarefas atribuídas ao DMS1 existe maior necessidade de operar com ROV EOD terrestre? Porquê?**

- *Nas tarefas de reconhecimento e inativação de engenhos explosivos terrestres (IIEE), convencionais (IEEC) e improvisados (IEEI).*
- *O reconhecimento e inativação remota retiram o operador da área de perigo, reduzindo o risco para os inativadores.*

**2. O equipamento constituiria um melhoramento das condições de trabalho e operacionais do destacamento? Considera que a necessidade deste equipamento é urgente?**

- *Este equipamento é considerado de importância primordial para a segurança dos operadores IEE.*
- *Esta capacidade não está assegurada devido à avaria dos ROV terrestres da Esquadilha de Submarinos, considera-se que deve ser readquirida com brevidade.*

**3. Doutrinariamente está definido que a execução de ações EOD deve em primeiro lugar salvaguardar-se a vida humana, devendo ser dada sempre primazia à utilização de meios remotos em detrimento de operações manuais (AEODP 3). Tendo em conta as missões reais executadas pelo DMS1 e o facto de a Marinha não possuir nenhum ROV EOD terrestre, em que medida considera que os inativadores são expostos a um risco acrescido?**

- *Doutrinariamente está vertido na doutrina (AEODP 3) que a IEEI deve privilegiar a utilização de meios remotos como ROV, tiro de armamento ligeiro ou médio calibre ou outros, dependendo da categoria de urgência atribuída, que poderá recomendar a sua não utilização.*
- *Na IEEC não está vertido em doutrina muito possivelmente por não ter tido uma evolução à velocidade que progrediu a área da IEEI.*



- No entanto, em ambas as áreas é vital reduzir o risco para os operadores, que pode ser significativamente diminuído com o uso de ROV terrestres.

**4. Se for atribuída uma missão em território Nacional ou no âmbito de uma missão internacional, com ameaça de EEI, estão reunidas as condições de operação?**

- Esta unidade tem capacidade e treino para atuar em qualquer cenário de operação, embora a limitação material de não ter um ROV terrestre recomende alguma prudência na atribuição deste tipo missões pelo risco que os operadores possam estar a ser colocados.

**Requisitos operacionais dos ROV no âmbito das missões executadas e das tarefas atribuídas ao DMS1:**

**5. Que equipamentos estão atualmente disponíveis, ao DMS1, para a inativação de engenhos explosivos que podiam ser adaptados/utilizados para interoperar com um ROV?**

- Câmaras de filmar, equipamento Rx, caçadeira, disruptores, equipamento de remoção à distância e cargas explosivas dirigidas.

**6. De entre os vários tipos de ROV (Reconhecimento, Inativação, transporte/trabalho), quais as prioridades que considera mais importantes?**

- Tendo em consideração as áreas de atuação desta unidade e o ambiente operacional em que é empenhada, considero igualmente importante uma boa capacidade de reconhecimento (privilegiar a qualidade de recolha de informação relativamente à rapidez) a uma capacidade de IEE muito polivalente.

7. Em relação aos ROV de reconhecimento, sequencialmente, quais os requisitos que julga mais importantes?

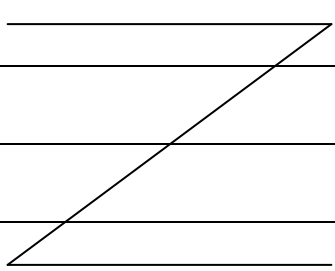
Características	Prioridade (Escala 1- 11)	Obs.
Rapidez de emprego	2	
Facilidade de operação	3	
Sensores e obtenção de informação em direto (ex. vídeo)	1	
Ferramentas	4	
Peso	3	
Portabilidade	2	
Agilidade (capacidade para ultrapassar obstáculos)	1	
Autonomia	4	
Dimensões	2	
Resistência física/impacto	5	
Outros:		

8. Em relação aos ROV de inativação, quais os requisitos que julga mais importantes?

Características	Prioridade (Escala 1- 12)	Observações
Rapidez de emprego	6	
Facilidade de operação	6	
Sensores e obtenção de informação em direto (ex. vídeo)	1	
Ferramentas	2	
Peso	3	
Portabilidade	5	<p>- Capacidade de operar em ambientes muito adversos: areia pouco consistente; lama; lodo; escadas de acesso dos navios; etc...</p>
Agilidade (capacidade para ultrapassar obstáculos)	2	
Autonomia	3	

<b>Dimensões</b>	5	- A limitação que os acessos nos navios mais pequenos impõe deve balizar as dimensões dos ROV.
<b>Resistência física/impacto</b>	4	_____
<b>Força (payload/kg)</b>	3	- Tendo em consideração as ferramentas à disposição atualmente. Dependendo do peso das ferramentas poder-se-á reduzir significativamente (ex. utilização placas leves no RX).
<b>Outros:</b>	_____	_____

9. Quais considera serem as mais frequentes áreas de operações, tendo em conta missões anteriores, para as quais o ROV EOD deve estar preparado para ultrapassar os constrangimentos das condições ambientais:

		<b>Descrição</b>	<b>Observações</b>
<b>Terreno</b>		- Areia mole; lama; lodo; declive.	- Em terreno aberto, considerar uso de lagartas.
<b>Obstáculos</b>		- Acessos nos navios pequenos; escadas; vegetação.	- Capacidade de operar com lagartas independentes e extensíveis pode atenuar essas dificuldades.
<b>Meteorologia</b>	<b>Chuva</b>	- NIL.	
	<b>Humidade</b>	- NIL.	
	<b>Salinidade</b>	- NIL.	
	<b>Temperatura</b>	- NIL.	
<b>Outros:</b>		- Aceder a engenhos colocados em posições e níveis acima ou abaixo do pavimento.	- Braço extensível com capacidade de suster e içar o ROV.

## **Comando e Controlo do ROV EOD**

### **10. Comprimento necessário para um cabo de comunicação, de forma a manter uma distância de segurança entre o operador e a ameaça?**

- *Idealmente os ROV não deverão estar limitados em distância ou manobra ao estarem ligados por cabo, no caso de utilização de contramedidas pode ser necessária a ligação por cabo, que deve ser a maior possível. A distância de segurança entre o operador e os engenhos varia muito consoante a quantidade de explosivo, o tipo de invólucro, barreiras, proteções etc...*

### **11. Que restrições e medidas se podem antever (ex.: ECM) durante a operação do ROV por WIFI/Radiofrequência? Em que banda de frequências deverá funcionar o controlo remoto do ROV?**

- *Dependendo do equipamento ECM poderá não ser possível operar remotamente, caso de equipamentos ECM mais desatualizados.*
- *Recentemente os equipamentos ECM permitem deixar a largura de banda pretendida livre para operação do ROV ou comunicações táticas. Neste caso não haverá limitação.*
- *A maior limitação ao wifi/ Radiofrequência surge na operação em ambientes fechados como interiores de navios ou habitações pela dificuldade de propagação.*

**Considerando o ROV *Hunter*, inoperacional existente na Esquadilha de Submarinos, o processo atual para a sua recuperação no âmbito desta investigação:**

### **12. Que ferramentas/sensores considera prioritários a equipar/recuperar no ROV, para execução de missões do DMS1, a curto prazo?**

- *Circuito de vídeo em direto, braço (melhorando amplitude e manobra), capacidade de transporte do RX, disruptores e cargas de inativação.*

**13. Existem ferramentas/sensores, atualmente disponíveis ao DMS1, possíveis de equipar ou que devem equipar o ROV em recuperação?**

- *Todas as ferramentas em uso são possíveis de equipar o ROV em recuperação, tendo em conta a sua boa capacidade de transporte e carga*

**14. Considera mais viável a construção de um ROV de raiz ou a recuperação do ROV Hunter, em função das necessidades do DMS1?**

- *O ROV Hunter é um equipamento muito desatualizado que tem grandes limitações em virtude de necessitar de cabo, ter manobra reduzida, muito peso e dimensões elevadas para operação nos ambientes muito adversos. Não sendo a minha área de especialidade, não me posso pronunciar se será mais viável equipar, atualizar, reduzir o peso e dimensões do ROV Hunter, ou construir um ROV de raiz já com os requisitos operacionais adequados.*

**15. Em que medida julgar ser possível realizar uma recuperação do ROV que o torne atual e corresponda às necessidades do DMS1? Porquê?**

- *De modo a ser um ROV apto de operar nos diversos ambientes com a capacidade de manobra adequada (reduzindo peso e dimensão), capacidade remota efetiva (controlo sem fio), destreza de manobrar do braço no uso das diversas ferramentas e cargas para operações IEE, terá de ter uma atualização profunda que, pessoalmente, considero pouco possível dada a grande alteração estrutural e de software necessária.*

Obrigado pela atenção dispensada



## **Apêndice B - Entrevista ao Chefe do Departamento de Formação de Inativação de Engenhos Explosivos - Escola de Mergulhadores**



### **ESCOLA NAVAL**

#### **Guião de Entrevista**

No âmbito da Dissertação de mestrado do Aspirante de Marinha Rodrigues Lopes, esta entrevista destina-se a recolher informação sobre as necessidades e requisitos operacionais de um futuro ROV EOD.

Devido à impossibilidade realizar a entrevista presencialmente, foi enviado ao entrevistado o guião que se apresenta, via correio eletrónico. Tendo sido recebidas as respostas pelo mesmo meio. O seu conteúdo será utilizado apenas para fins académicos, sendo respeitado o sigilo profissional segundo os preceitos éticos e científicos.

#### **Caracterização do entrevistado.**

**Nome: 1TEN STU Rodrigues Barroso**

**Cargo: Chefe de Departamento de Formação de Inativação de Engenhos Explosivos – Escola de Mergulhadores**

## **Importância do equipamento:**

### **1. Qual é a Nação mais avançada na Área de Inativação de Engenheiros Explosivos, no âmbito dos ROV EOD? Concorda que os EUA, face aos inúmeros teatros de operação no qual estão envolvidos, são quem mais investe e avança no âmbito da robótica Móvel para EOD?**

- *O País que deu os primeiros passos no desenvolvimento de ROVs para EOD foi a Inglaterra. Esta necessidade foi identificada no início da década de 70, na sequência de vários acidentes mortais com operadores EOD na tentativa de inativar engenheiros explosivos improvisados colocados pelo IRA. A experiência adquirida pelas Forças Armadas Inglesas na área do EOD em mais de 50 anos a combater IRA, continua a ser uma referência (Formação, Procedimentos e Doutrina) para os países membros da Aliança Atlântica.*
- *Os EUA numa 1ª fase da Guerra do Golfo, não estavam minimamente preparados para arma de eleição utilizada pelos insurgentes, os IEDs. Prova disso é o número significativo de baixas nas Forças Armadas Americanas, mais de 65%, provocadas pela detonação de IEDs.*
- *Na sequência desta realidade, os EUA alteraram por completo a sua abordagem em relação aos teatros de operações onde a ameaça IED estava presente. Esta abordagem englobou um forte investimento em tecnologia, formação, procedimentos e doutrina. Entre as quais, podemos dar particular ênfase, à robótica para a componente EOD.*

## **Os ROV atuais:**

### **2. Tem conhecimento de algum ROV desenhado para operar dentro de navios, com capacidade de ultrapassar obstáculos difíceis como escotilhas?**

- *Não. Existem alguns ROVs de pequena dimensão que se adaptam com mais facilidade às grandes dificuldades que os Navios apresentam para realizar operações EOD.*



- *Existem escotilhas e escadas verticais entre os diversos pavimentos dos navios que, não permitem aos ROVs atuais ultrapassá-las sem a ajuda do operador EOD.*
- *Para realizar operações no interior dos Navios, é fundamental que o ROV a utilizar pela equipa EOD seja facilmente transportável pelo operador EOD até ao pavimento em que se encontra a potencial ameaça.*

**3. Como classificaria os diferentes tipos de ROV EOD? Que tipologia lhes atribuiria, consoante as tarefas capacitados a realizar? (ex.: reconhecimento)?**

- *Todos os ROVs EOD têm capacidade de efetuar reconhecimento, portanto, na minha opinião, não faz sentido equipar uma equipa EOD com um ROV apenas com capacidade de reconhecimento.*
- *Classifico os ROVs EOD em dois tipos:*
  - *Pesados, grande capacidade de opção para diversas ferramentas, armas e sensores.*
  - *Ligeiros, facilmente transportáveis pelo operador EOD. Embora devido às suas dimensões, tenham algumas limitações em termos de ferramentas e armas disponíveis.*
- *O ideal será o operador EOD ter ambos os tipos (Pesado e Ligeiro) disponíveis por forma a optar pela solução mais adequada ao tipo de missão a realizar.*

**4. Concorda como característica muito importante neste tipo de ROV a construção modular, que permita que o ROV se adapte às circunstâncias?**

- *Sem dúvida que a construção modular permite uma maior flexibilização e versatilidade operacional do veículo.*

**5. Tendo em vista a sua experiência profissional e formação na Área da Inativação de Engenheiros explosivos, do seu ponto de vista em relação às características apresentadas no quadro seguinte, que constrangimentos apresentariam na operação do ROV:**

**(ex.: Velocidade / Sensibilidade dos Engenheiros explosivos a vibrações)**

<b>Características</b>	<b>Constrangimentos</b>
<b>Velocidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A velocidade do veículo é um aspeto importante no percurso a realizar até ao engenho explosivo.</li> <li>- A velocidade na aproximação é fundamental quando se trata de um TOIED.</li> </ul>
<b>Agilidade/ Ultrapassar Obstáculos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muitos cenários apresentam dificuldades acrescidas no acesso aos engenhos explosivos. Esta é uma capacidade que deve ser levada em consideração na construção de um ROV EOD.</li> </ul>
<b>Unidade de controlo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Com elevada capacidade de envio e receção de informação com a plataforma.</li> </ul>
<b>Obtenção de Imagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fundamental para o sucesso de qualquer missão EOD.</li> </ul>
<b>Autonomia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Importante, neste momento o que existe já é muito bom.</li> </ul>
<b>Ferramentas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mais importantes são: Camaras, sensores, disruptores (vários), RX, garra, caçadeira, alicate de corte.</li> </ul>
<b>Dimensões</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Em função do tipo: Pesado ou Ligeiro.</li> </ul>
<b>Sensores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para deteção de explosivos, agentes químicos e biológicos.</li> </ul>
<b>Outros:</b>	_____

**Requisitos operacionais dos ROV no âmbito das missões executadas e das tarefas atribuídas ao DMS1:**

**6. De entre os vários tipos de ROV (Reconhecimento, Inativação, transporte/trabalho), quais as prioridades que considera mais importantes em uma equipa EOD?**

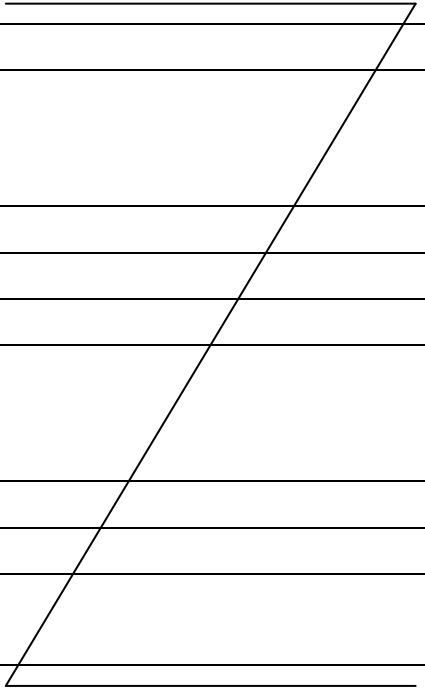
- Reconhecimento e inativação de engenhos explosivos terão que ser as prioridades, o que implica excelente qualidade de imagem e versatilidade nas ferramentas de inativação a utilizar (Camaras, RX, Disruptores, etc.).

- Volto a afirmar que um ROV EOD tem capacidade para inativar engenhos explosivos e para reconhecimento.

7. Em relação aos ROV de reconhecimento, sequencialmente, quais os requisitos que julga mais importantes?

Características	Prioridade (Escala 1- 11)	Observações
Rapidez de emprego	7	
Facilidade de operação	8	
Sensores e obtenção de informação em direto (ex. vídeo)	1	
Ferramentas	10	
Peso	4	
Portabilidade	2	
Agilidade (ultrapassar obstáculos)	5	
Autonomia	9	
Dimensões	3	
Resistência física/impacto	6	
Outros:		- Na minha opinião, não faz qualquer sentido uma equipa EOD ser equipada com ROVs apenas para reconhecimento.

8. Em relação aos ROV de inativação, quais os requisitos que julga mais importantes?

Características	Prioridade (Escala 1- 12)	Observações
Rapidez de emprego	6	
Facilidade de operação	3	
Sensores e obtenção de informação em direto (ex. vídeo)	1	
Ferramentas	2	
Peso	10	
Portabilidade	11	
Agilidade (capacidade para ultrapassar obstáculos)	5	
Autonomia	8	
Dimensões	9	
Resistência física/impacto	4	
Força (payload/kg)	7	
Outros:	2	- Controlo preciso, rigoroso e de grande sensibilidade na velocidade e movimentos dos componentes móveis, em particular, nas proximidades do engenho.

## Comando e Controlo do ROV EOD

9. No que toca á unidade de controlo do ROV, a utilização de comandos de videojogos de consolas, como já é realizado em muitas equipas, é uma forma de tornar o sistema mais “Friendly user” e mais intuitivo para o operador?

- Sem dúvida, a prová-lo está a facilidade com que os operadores EOD adquirem um desempenho notável a operar os ROVs com este tipo de unidades de controlo.

**10. Em que medida devem os comandos de movimentação da plataforma devem ser diferenciados do braço articulado e ferramentas? Concorda com essa configuração implementada em alguns ROV no mercado atual? (Constrangimentos ou vantagens)**

- *Concordo.*

- *Algumas das ferramentas utilizadas nos ROVs EOD são armas (Disruptores, Caçadeira) e geradores de radiação (RX), que por questões de segurança, deverão estar em comandos diferenciados dos restantes comandos de controlo da plataforma.*

**11. Concorda com a estratégia adotada pelos ROV de fabrico da empresa QuinetiQ, de a unidade de controlo ser constituída por um computador portátil com respetivos periféricos (joystick, etc.)?**

**(No seguimento de em casos de avaria ser fácil a substituição por outro computador com o mesmo software)**

- *Concordo.*

- *Não nos podemos esquecer que grande parte da utilização operacional dos ROVs EOD é realizada em Teatros de Operações cuja localização não permite o suporte técnico e logístico ideal para efetuar reparações nos diversos equipamentos utilizados. Neste contexto, é de extrema importância que a reparação e/ou substituição dos componentes do ROV se realize de forma simples e rápida.*

**Considerando o ROV *Hunter*, inoperacional existente na Esquadilha de Submarinos, o processo actual para a sua recuperação no âmbito desta investigação:**

**12. Que ferramentas/sensores considera prioritários a equipar/recuperar no ROV, a curto prazo?**

- *Comando com controlo remoto, Camaras vídeo, suporte para ferramentas (Disruptores, RX) no braço mecânico, suporte para montar sensores de explosivos e de agentes químicos e biológicos.*

**13. Considera mais viável a construção de um ROV de raiz ou a recuperação do ROV Hunter?**

- *O Hunter foi construído no final da década de 60. Comparar a robótica dos nossos dias com a robótica de à 60 anos atrás! Julgo que a realidade atual não nos deixa grandes opções de escolha. Sem dúvida que considero mais viável a construção de um ROV de raiz.*

**14. Em que medida julga ser possível aproveitar a plataforma para recuperação do ROV e construir o braço articulado e sistemas mais atuais?**

- *Em termos de avaliação da capacidade técnica da atual plataforma, tenho alguma dificuldade em responder à questão. No entanto, penso que seria muito bom, se conseguirem efetuar alterações que permitam o controlo remoto da plataforma, qualidade remota de imagem (camaras), possibilidade de colocar ferramentas (Disruptores, RX) no braço mecânico e suporte para montar sensores de explosivos e de agentes químicos e biológicos.*

*Obrigada pela atenção dispensada*

## Apêndice C – Sistemas de comando e controlo do ROV Hunter, após recuperação

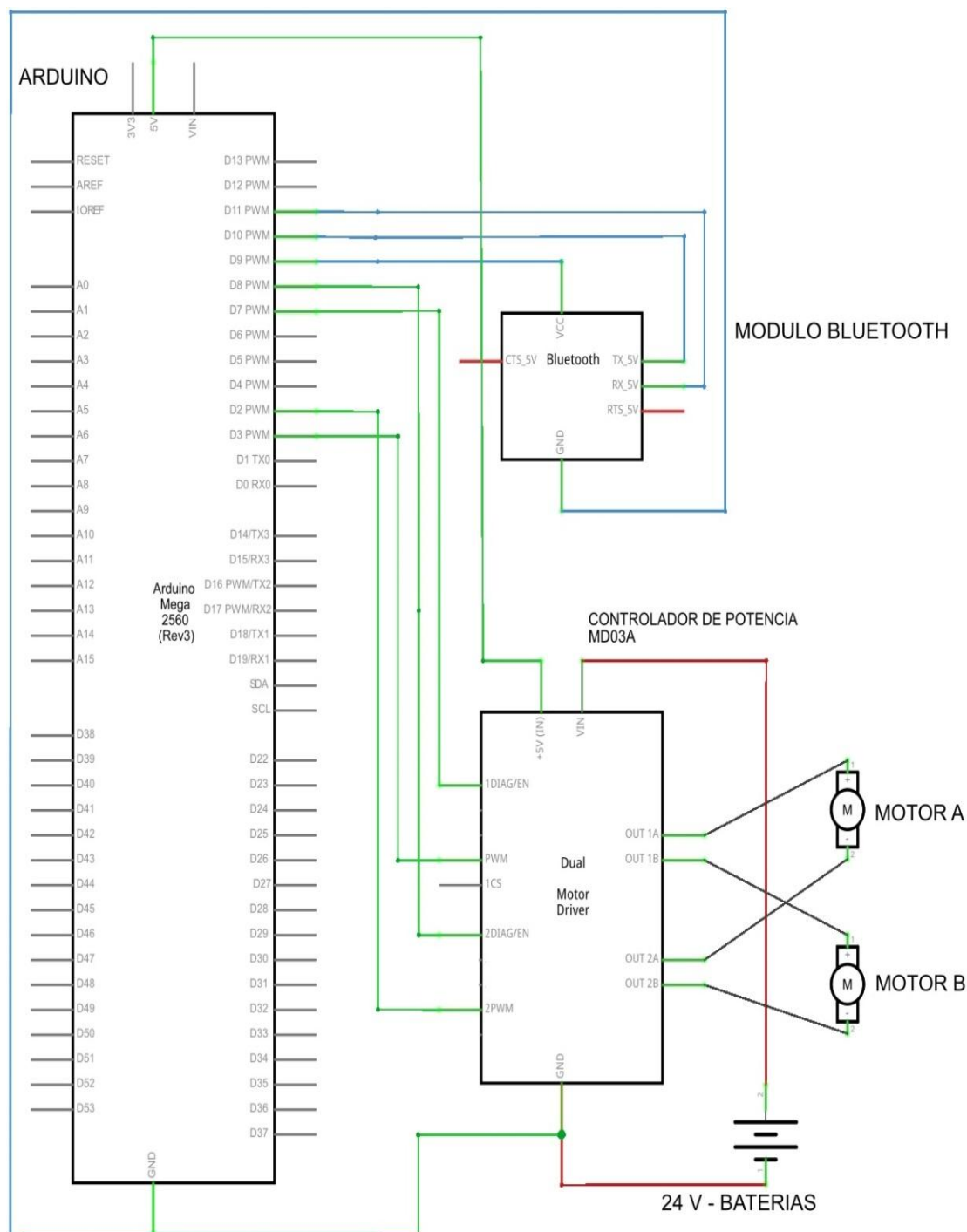


Figura 14. Esquema geral (1) dos sistemas de comando e controlo do ROV Hunter





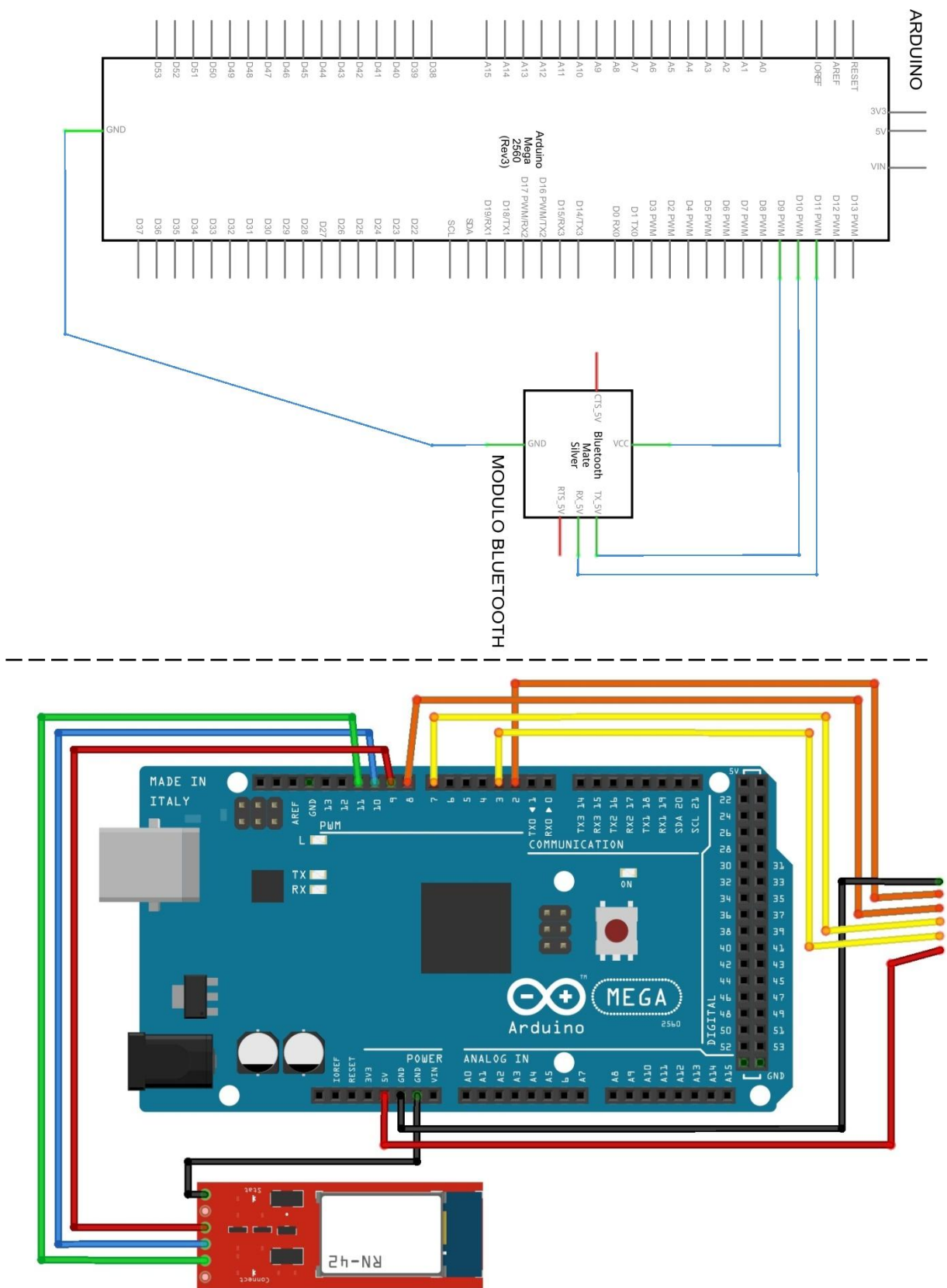
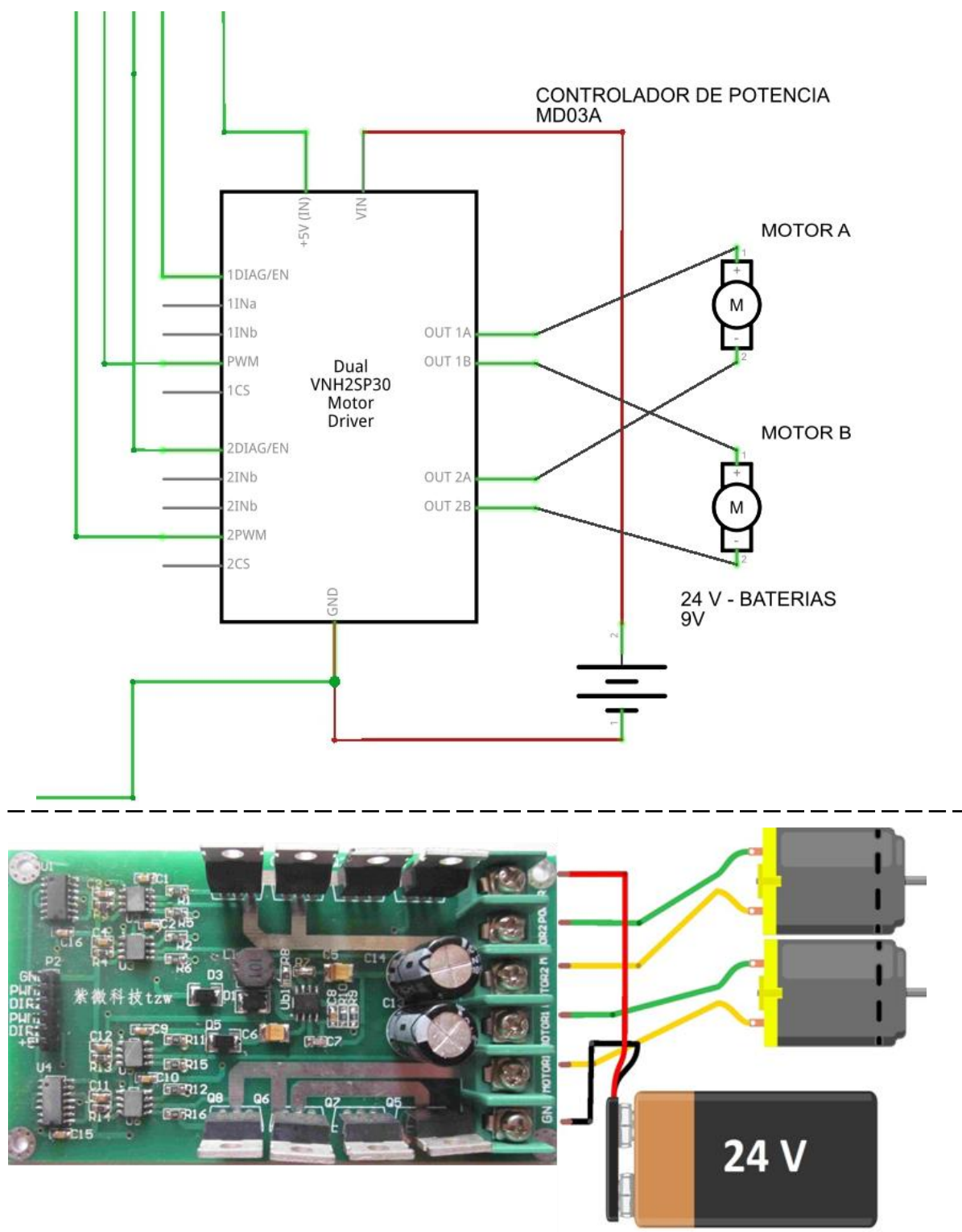
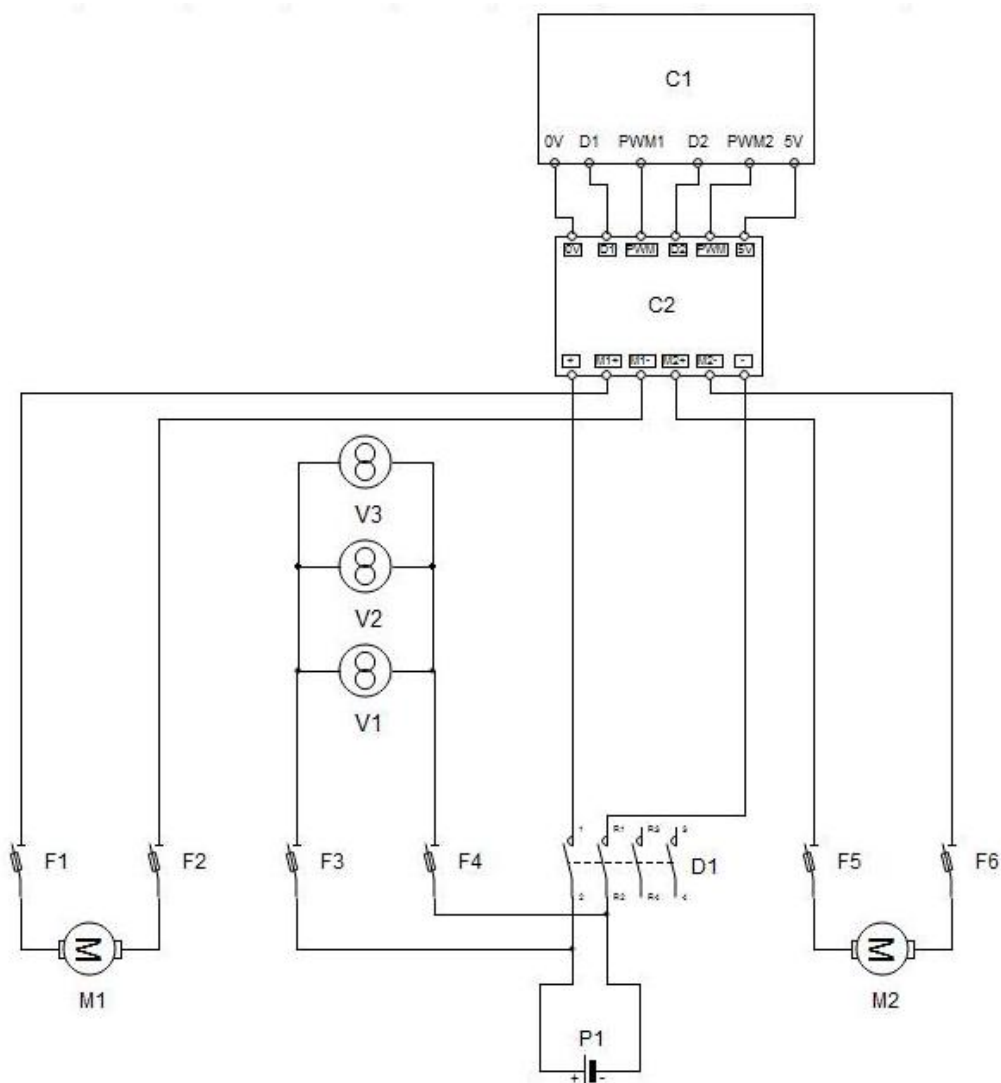


Figura 16. Esquemas da eletrônica de controlo





Legenda:	Descrição:
V1	Ventilador 12V DC
V2	Ventilador 12V DC
V3	Ventilador 12V DC
F1	Porta fusível –15 A
F2	Porta fusível –15 A
F3	Porta fusível –2 A
F4	Porta fusível –2 A
F5	Porta fusível –15 A
F6	Porta fusível –15 A
C1	Arduíno Mega 2560
C2	Controlador de Potência – Dual Motor Driver H-bridge
M1	Motor DC
M2	Motor DC
P1	Bateria 12V DC
D1	Disjuntor Principal XXX

Figura 18. Esquema geral elétrico



## Apêndice D – Programação em *Arduino*

### FLUXOGRAMA

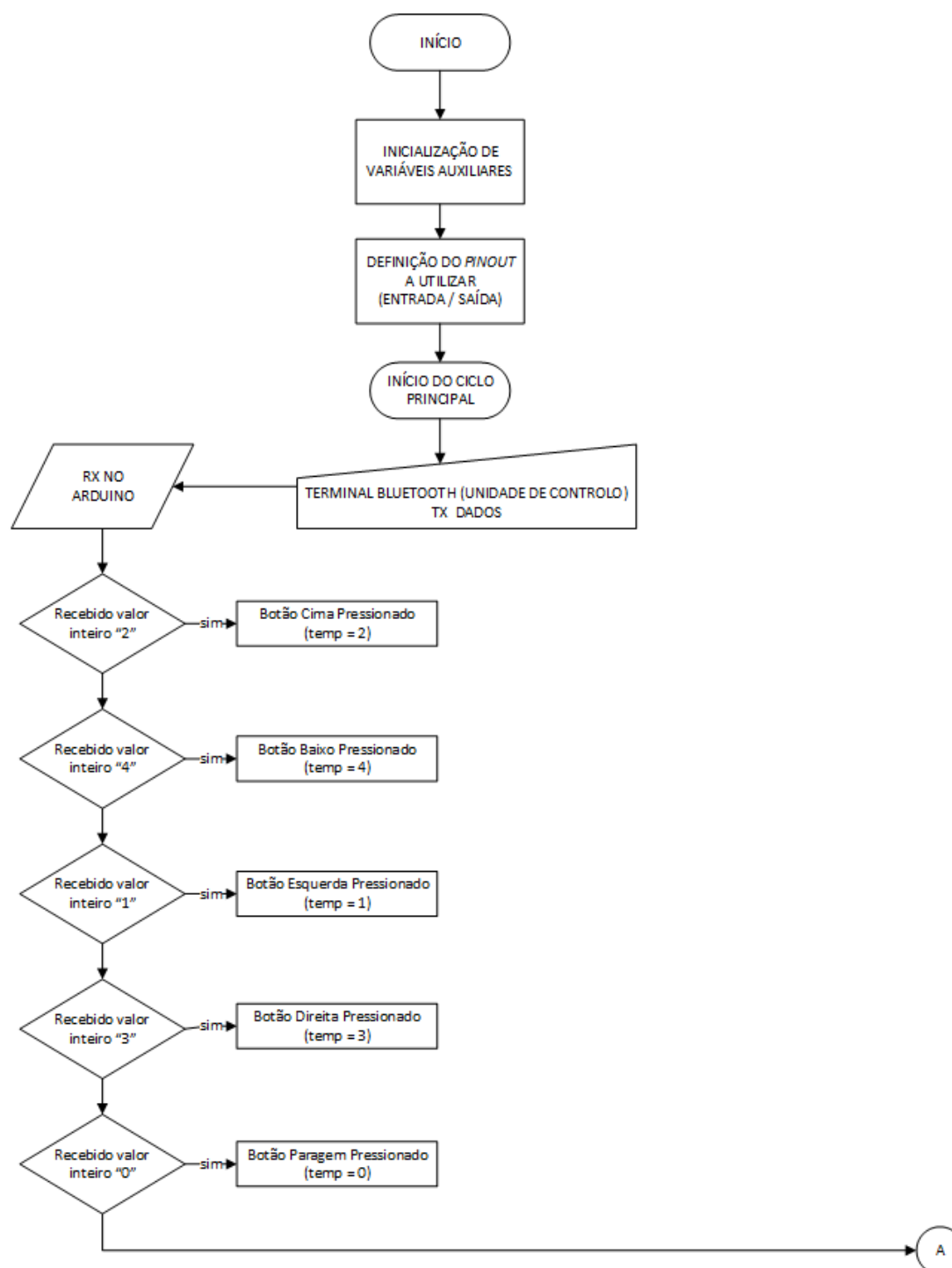


Figura 19. Fluxograma da programação (1 de 2)

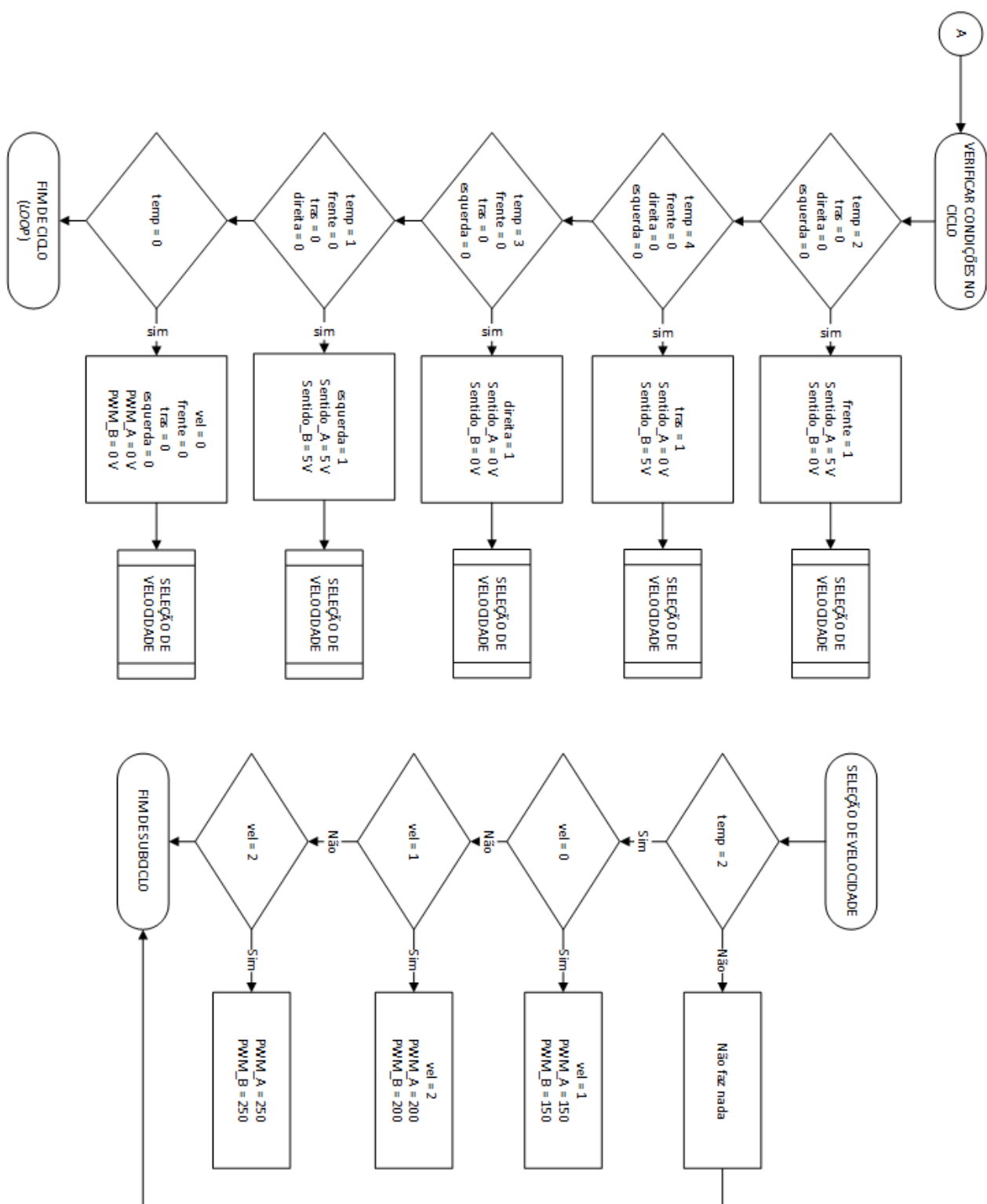


Figura 20. Fluxograma da programação (2 de 2)

## CÓDIGO

```
//bibliotecas
#include <SoftwareSerial.h>

//Variáveis Globais
int Placa = 9;
int Velocidade_A=3;
int Velocidade_B=2;
int Sentido_A=7;
int Sentido_B=8;

//Definir pinos de entrada do módulo
SoftwareSerial module(10, 11); // RX, TX

//Variável temporária recepção
int temp=0;

//Variável controlo velocidade
int vel=0;
int frente=0;
int tras = 0;
int direita = 0;
int esquerda = 0;

void setup() {

  //dados módulo
  module.begin(9600);

  //Receber dados módulo no terminal para série
  Serial.begin(9600);

  //Alimentação placa controlo
  pinMode(Placa,OUTPUT);
  digitalWrite(Placa, HIGH);

  //Definir saídas controlo ponte H
  pinMode(Sentido_A,OUTPUT);
  pinMode(Sentido_B,OUTPUT);
  pinMode(Velocidade_A,OUTPUT);
  pinMode(Velocidade_B,OUTPUT);

}
```

```

void loop() {

    if (module.available()){
        temp=module.read();

        //Frente
        if(temp=='2' && tras ==0 && direita == 0 && esquerda == 0)
        {
            //Aux
            frente=1;

            digitalWrite(Sentido_A,HIGH);
            digitalWrite(Sentido_B,LOW);

            Serial.println("Sentido_A - HIGH");
            Serial.println("Sentido_B - LOW");

            switch (vel)
            {
                case 0:
                    vel=1;
                    analogWrite(Velocidade_A, 150);
                    analogWrite(Velocidade_B, 150);
                    Serial.println("Velocidade_A - 150");
                    Serial.println("Velocidade_B - 150");
                    break;
                case 1:
                    vel=2;
                    analogWrite(Velocidade_A,200);
                    analogWrite(Velocidade_B,200);
                    Serial.println("Velocidade_A - 200");
                    Serial.println("Velocidade_B - 200");
                    break;
                case 2:
                    analogWrite(Velocidade_A,250);
                    analogWrite(Velocidade_B,250);
                    Serial.println("Velocidade_A - 250");
                    Serial.println("Velocidade_B - 250");
                    break;
            }
        }

        //Trás

```



```

if(temp=='4' && frente == 0 && direita == 0 && esquerda == 0)
{
  tras=1;
  digitalWrite(Sentido_A,LOW);
  digitalWrite(Sentido_B,HIGH);

  Serial.println("Sentido_A - LOW");
  Serial.println("Sentido_B - HIGH");

  switch (vel)
  {
    case 0:
      vel=1;
      analogWrite(Velocidade_A, 150);
      analogWrite(Velocidade_B, 150);
      Serial.println("Velocidade_A - 150");
      Serial.println("Velocidade_B - 150");
      break;
    case 1:
      vel=2;
      analogWrite(Velocidade_A,200);
      analogWrite(Velocidade_B,200);
      Serial.println("Velocidade_A - 200");
      Serial.println("Velocidade_B - 200");
      break;
    case 2:
      analogWrite(Velocidade_A,250);
      analogWrite(Velocidade_B,250);
      Serial.println("Velocidade_A - 250");
      Serial.println("Velocidade_B - 250");
      break;
  }
}

//Direita
if(temp=='3' && frente == 0 && tras == 0 && esquerda == 0)
{
  direita=1;
  digitalWrite(Sentido_A,LOW);
  digitalWrite(Sentido_B,LOW);

  Serial.println("Sentido_A - LOW");
  Serial.println("Sentido_B - LOW");
}

```

```

switch (vel)
{
  case 0:
    vel=1;
    analogWrite(Velocidade_A, 150);
    analogWrite(Velocidade_B, 150);
    Serial.println("Velocidade_A - 150");
    Serial.println("Velocidade_B - 150");
    break;
  case 1:
    vel=2;
    analogWrite(Velocidade_A,200);
    analogWrite(Velocidade_B,200);
    Serial.println("Velocidade_A - 200");
    Serial.println("Velocidade_B - 200");
    break;
  case 2:
    analogWrite(Velocidade_A,250);
    analogWrite(Velocidade_B,250);
    Serial.println("Velocidade_A - 250");
    Serial.println("Velocidade_B - 250");
    break;
}
}

//Esquerda
if(temp=='1' && frente == 0 && tras == 0 && direita == 0)
{
  esquerda=1;
  digitalWrite(Sentido_A,HIGH);
  digitalWrite(Sentido_B,HIGH);

  Serial.println("Sentido_A - HIGH");
  Serial.println("Sentido_B - HIGH");

  switch (vel)
  {
    case 0:
      vel=1;
      analogWrite(Velocidade_A, 150);
      analogWrite(Velocidade_B, 150);
      Serial.println("Velocidade_A - 150");
      Serial.println("Velocidade_B - 150");
      break;
    case 1:

```

```

    vel=2;
    analogWrite(Velocidade_A,200);
    analogWrite(Velocidade_B,200);
    Serial.println("Velocidade_A - 200");
    Serial.println("Velocidade_B - 200");
    break;
    case 2:
    analogWrite(Velocidade_A,250);
    analogWrite(Velocidade_B,250);
    Serial.println("Velocidade_A - 250");
    Serial.println("Velocidade_B - 250");
    break;
  }
}

```

```

if(temp=='0')
{
    vel=0;
    frente=0;
    tras=0;
    direita=0;
    esquerda=0;
    analogWrite(Velocidade_A,0);
    analogWrite(Velocidade_B,0);
    Serial.println("Velocidade_A - 0");
    Serial.println("Velocidade_B - 0");
}

```

```

delay(100);
}
}

```



## Apêndice E – ROV Hunter (estrutura e componentes)



Figura 21. Evolução da recuperação efetuada

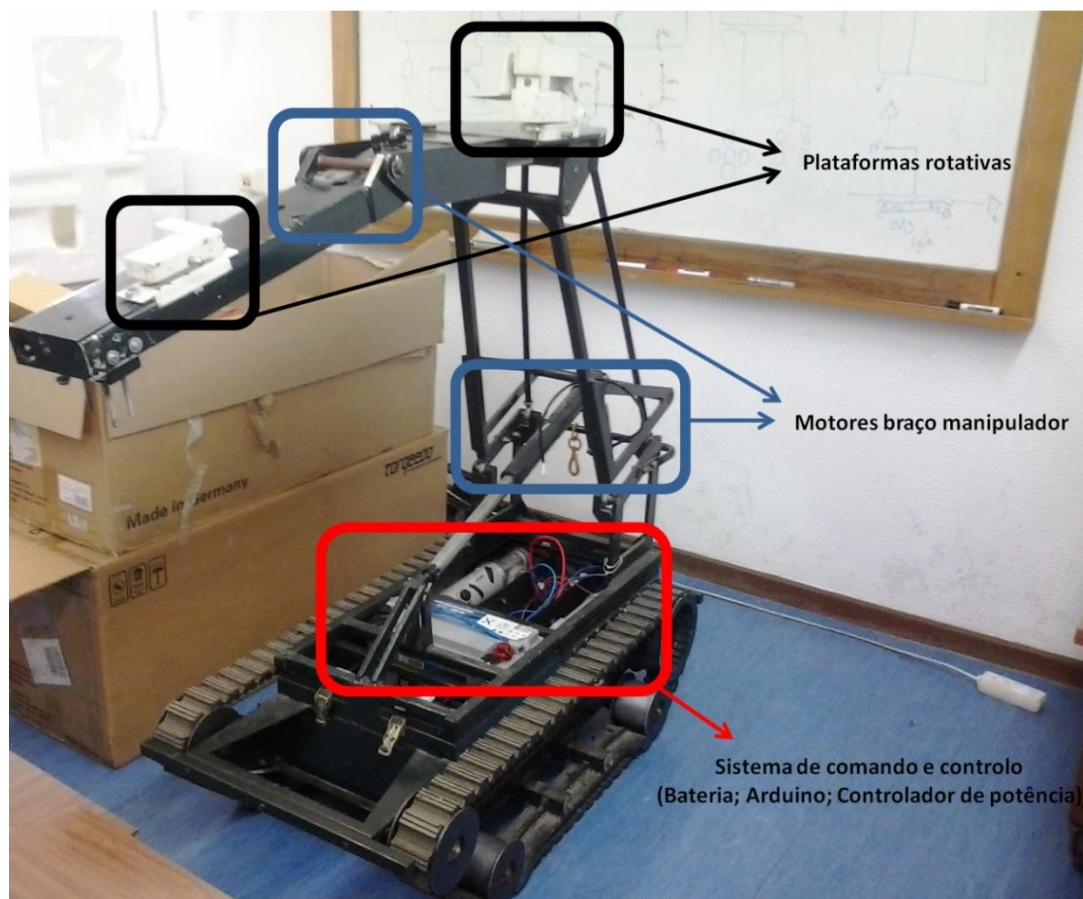


Figura 22. Divisão estrutural

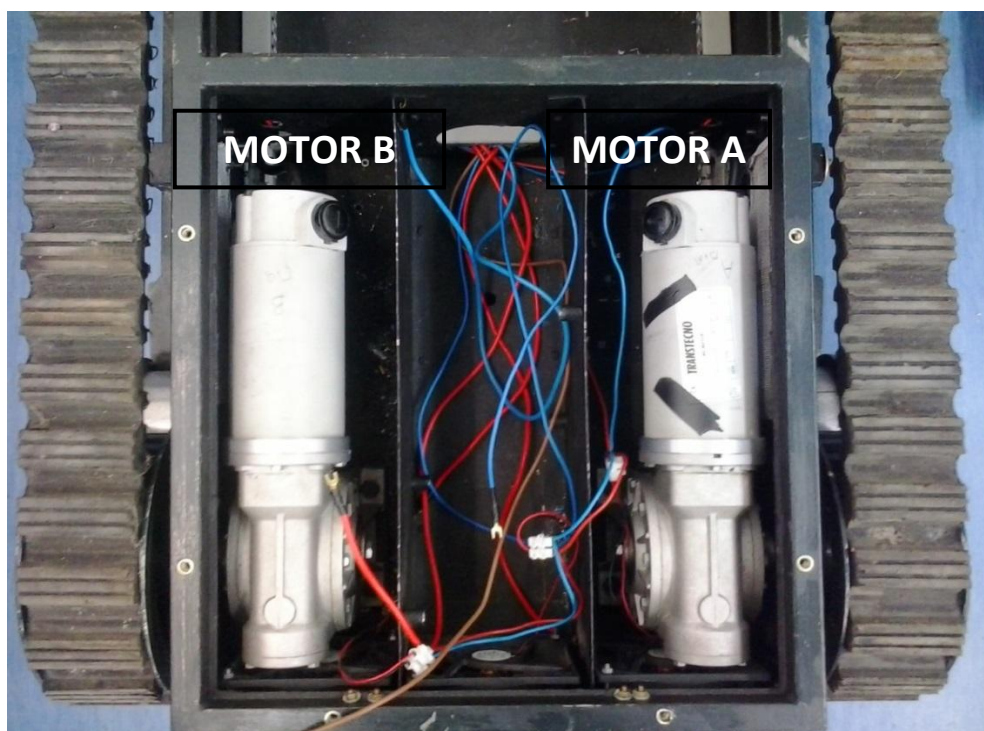


Figura 23. Componentes: Motores da Plataforma



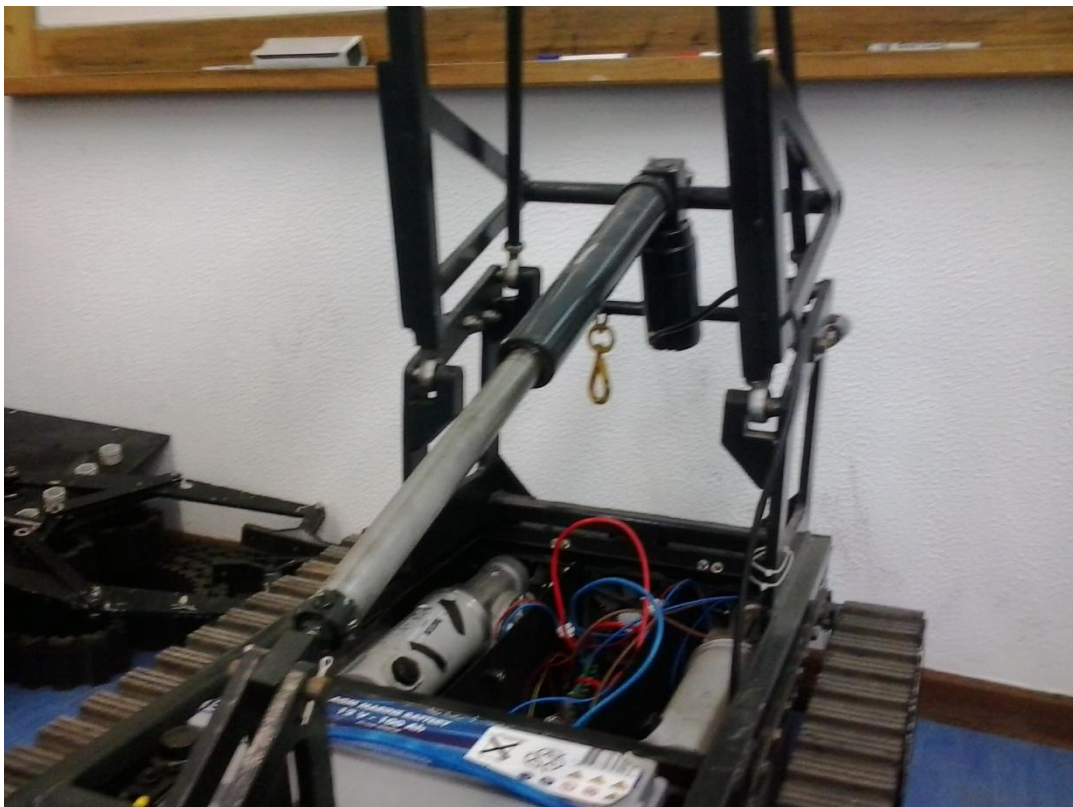


Figura 24. Componentes: Motor do braço manipulador - Ombro



Figura 25. Componentes: Motor do braço manipulador - Cotovelo

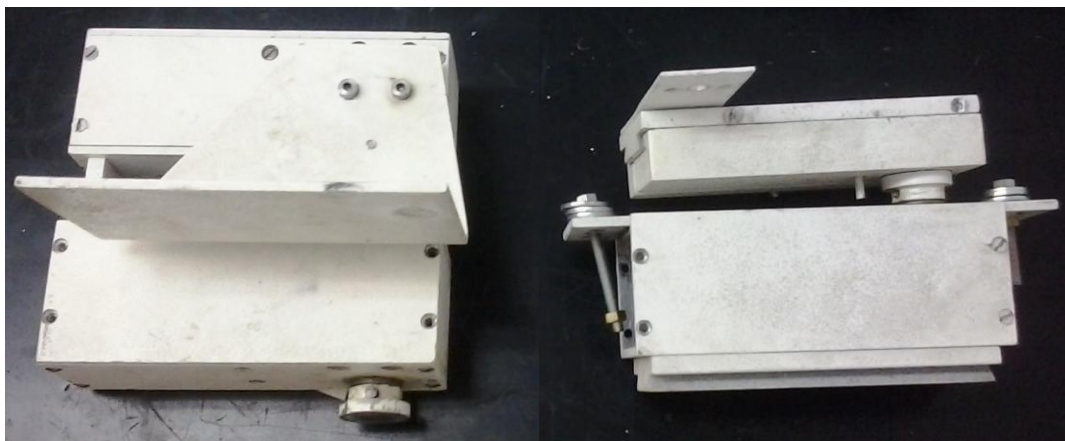


Figura 26. Componentes: Plataformas rotativas das camaras do Cotovelo e Pulso (respetivamente)

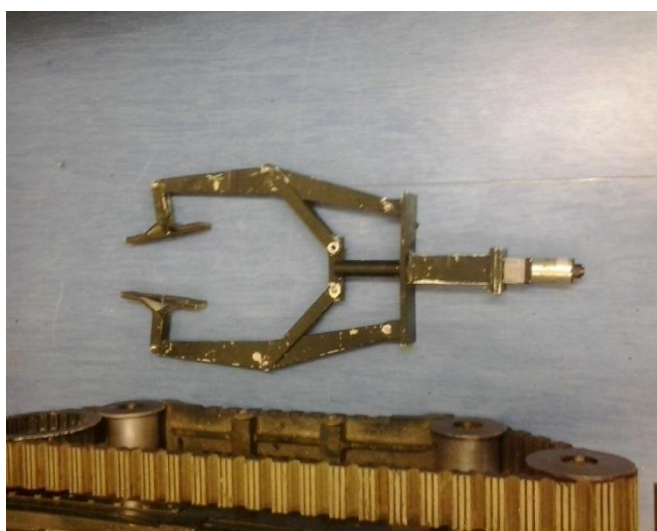


Figura 27. Componentes: Manipulador



Figura 28. Componentes: Refrigeração (cooler)





Figura 29. Componentes: Sistema elétrico - Fusíveis

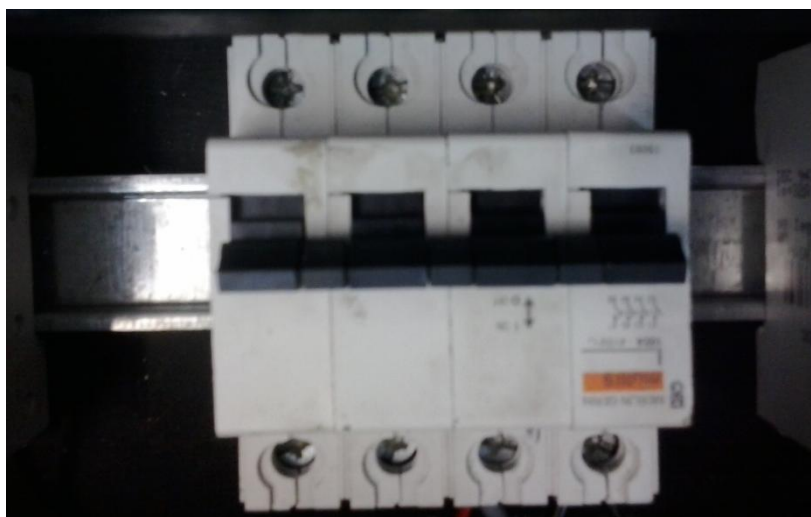


Figura 30. Componentes: Sistema elétrico - Disjuntor



Figura 31. Figura 28. Componentes: Sistema elétrico - Controladores de potência, antigo e novo (respectivamente)



Figura 32. Componentes: Sistema elétrico - Arduino

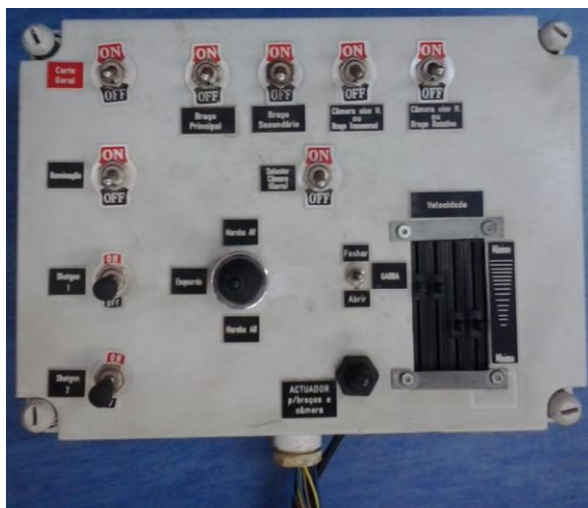


Figura 34. Componentes: Unidade de controlo - antiga

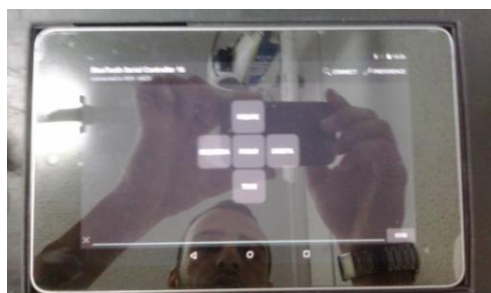


Figura 33. Componentes: Unidades de controlo - novos

## Apêndice F – Informação Técnica dos ROV EOD estudados

### QINETIQ

#### Dragon Runner 10

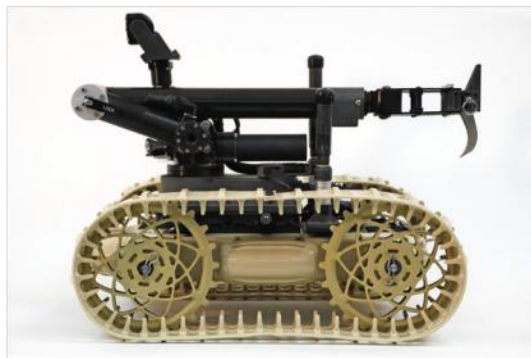
##### Dragon Runner 10

###### Specifications

- Size: 15 in x 13 in x 6 in (l x w x h)
- Weight: 10 lbs (4.5 kg)
- Speed: 4 mph (5.8 ft/s)
- Endurance: 2-3 hrs, mission dependent
- RF Range: 650+m (2100 ft) LOS
- Acoustics: On-board microphone
- Environmental: IP 66 rated (hose down, drive through puddles)
- Cameras: Front and rear (day and night capable)
- Controller: Compatible with Lightweight Radio Unit and Gen 2.5 Hand Controller
- Payloads: Sensors, manipulator arms, cameras, etc.
- Max arm lift: 4.4 lbs (2 kg)
- Other: Throwable and invertible, climbs stairs, adding payloads eliminates throwability

###### Highlights

- Specifically designed for dismounted small units to enhance reconnaissance missions, early warning and overall situational awareness
- Lightweight to minimize impact to existing combat load
- Small enough to fit inside an assault pack
- Tough enough to be thrown and survive rough handling and adverse weather
- Excellent RF performance





## Dragon Runner 20

### Dragon Runner 20

#### Specifications

- Size: 20 in x 15 in x 7 in (l x w x h)
- Weight: 20 lbs (9.07 kg)
- Speed: 4 mph (5.8 ft/s)
- Endurance: 3-4 hrs, mission dependent
- RF Range: 650+m (2100 ft) LOS
- Acoustics: Two way Audio (as payload)
- Environmental: IP 65 rated (hose down, drive through puddles)
- Cameras: Front and rear (day and night capable); left and right (day only); quad video display
- Controller: Compatible with all existing QinetiQ controllers
- Payloads: Sensors, manipulator arms, cameras, two way audio, etc.
- Max arm lift: 10 lbs (4.5 kg)
- Other: Highly modular mobility options, climbs stairs

#### Highlights

- Specifically designed for dismounted small units for reconnaissance and counter IED missions and first responders
- Highly modular and reconfigurable to meet mission requirements (e.g. mobility kits and payloads)
- System can be carried whole or easily split between operators to lighten the load
- Tough enough to survive rough handling and adverse weather
- Extended endurance
- Excellent RF performance




#### Available upgrades and modular attachments:

- Tracks
  - Stair climbing
  - Lightweight (DR-10 only)
  - Track extenders (DR-20 only)
- Wheels
- Multi-axis manipulators
- ISR payloads
- Disruptor mounts (DR-20 only)
- Rear stabilizers for stair climbing
- Additional accessories

## Talon

**TALON with Heavy Lift Arm**  
(3DOF)



The TALON family of robots is configurable to meet mission needs in any environment:

- Easily transported at 115 lbs (52 kg)
- Rugged and mobile
- Longest battery life of all man-portable robots
- Three infrared-illuminated color cameras, including a pan/tilt mast with 300:1 zoom camera
- High payload capacity, allowing for a broad range of sensor packages
- Fastest robot on the market
- Easy to operate, maintain and sustain
- Attachments include two way hailer, universal disruptor mount, thermal camera upgrade packages and magnetic antenna mounts



## Northood Grumman Wheelbarrow MK9



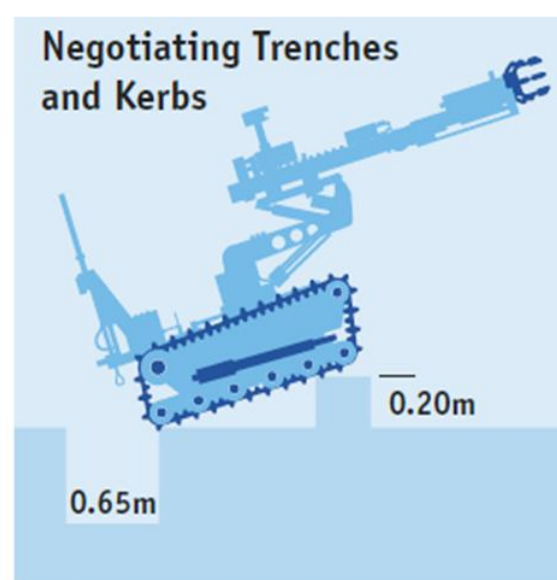
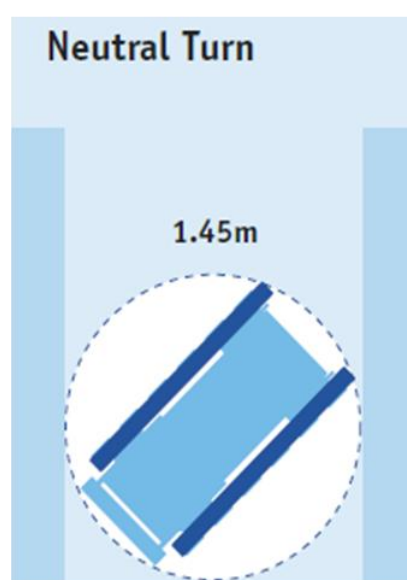
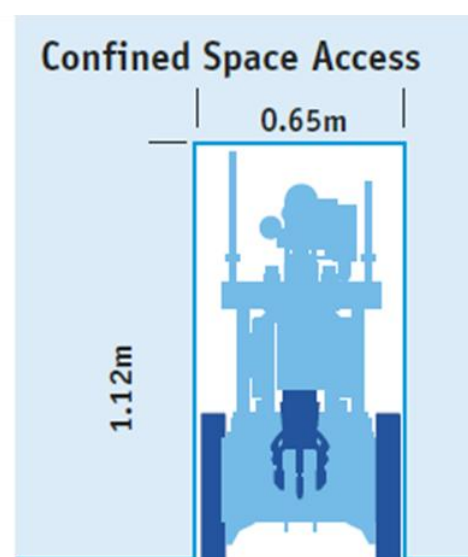
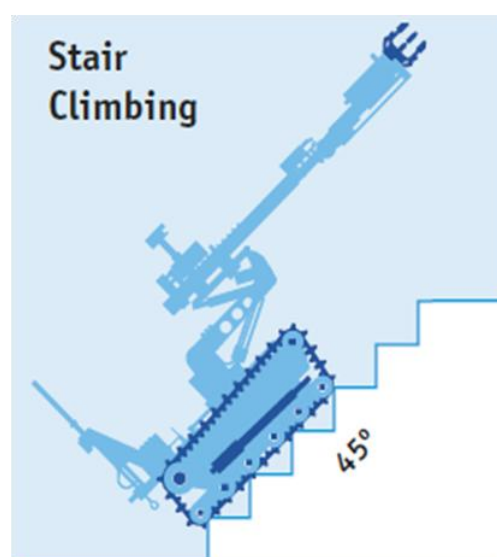
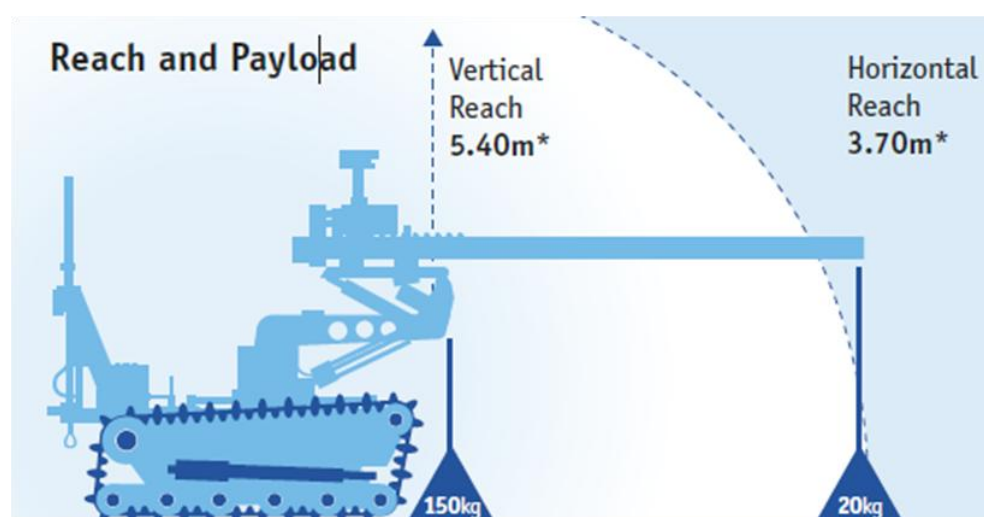
### Features

- Wireless hand controller; Joystick vehicle control
- Improved range and video quality
- Lightweight portable command console comprising of:  
Multiple video views, Touch screen, Vehicle position model, Vehicle data display
- Dedicated data channel for additional sensors
- Improved cable management
- Self righting capability
- Pitch and roll sensors
- Tested with multiple CBRN equipment
- 7 weapon firing releases – offers a large variety of tool installation without the need to change mid-operation
- 7 degrees of freedom modular telescopic arm  
– the strongest, longest and most versatile capability in the world
- Secure digital wireless communications
- Factory position presets

### Capability options

- 2 way audio
- Audio and video recording
- Low profile 3 fingered gripper with integral ceramic cutter *or* 2 fingered gripper
- Manual fibre optic cable drum *or* Auto-rewind fibre optic cable drum
- External charging cable
- Multiple encryption levels
- GPS





**Allen Vanguard**

**Bombtech Defender**

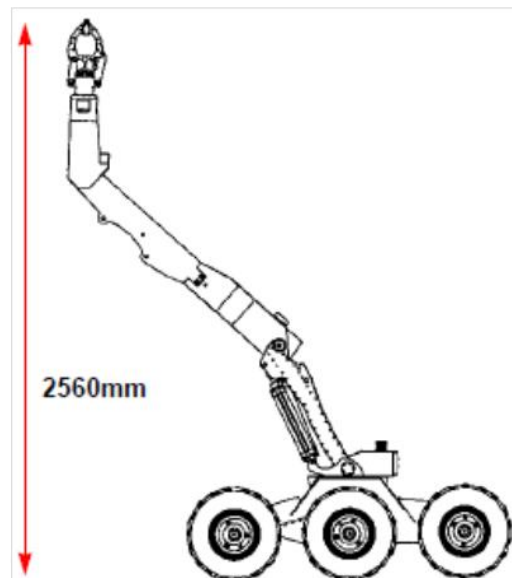
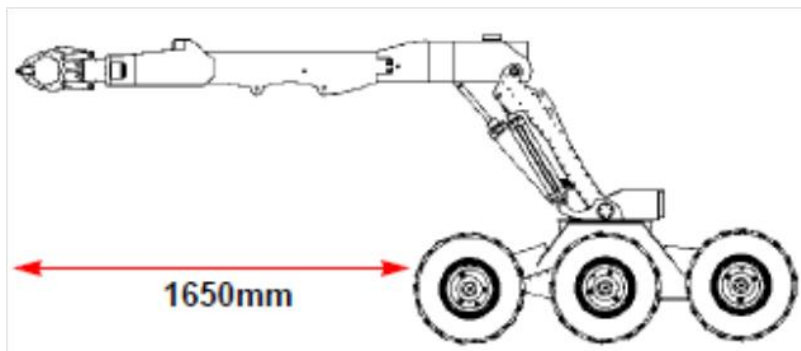


**Item: X-Ray Mount**



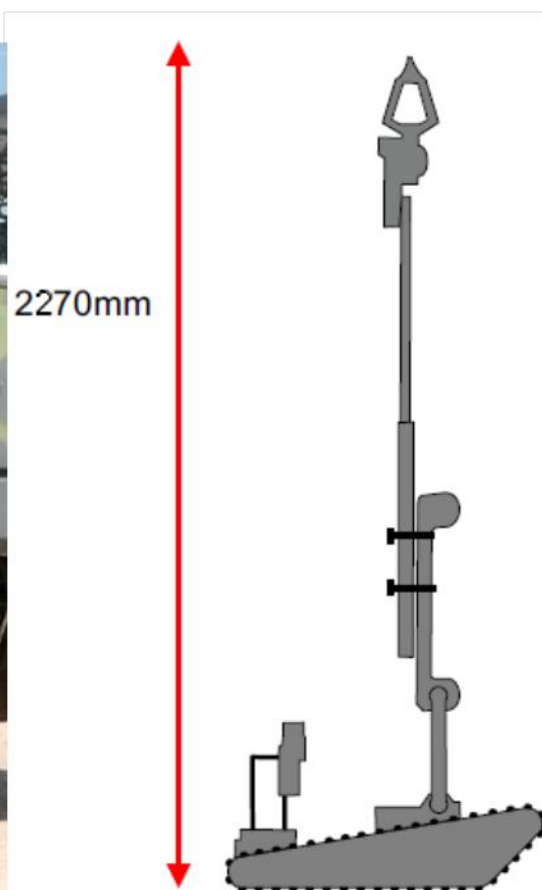
**Item: Fibre Optic Cable**

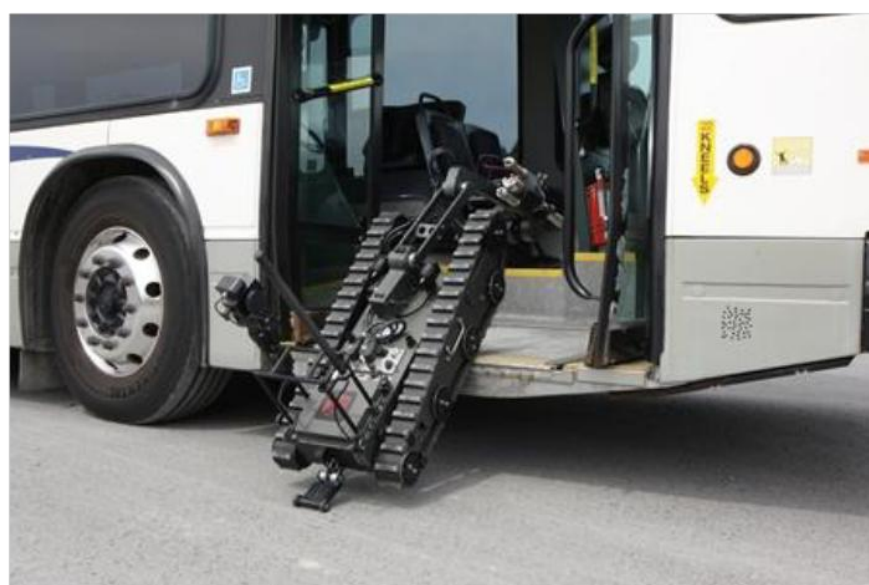
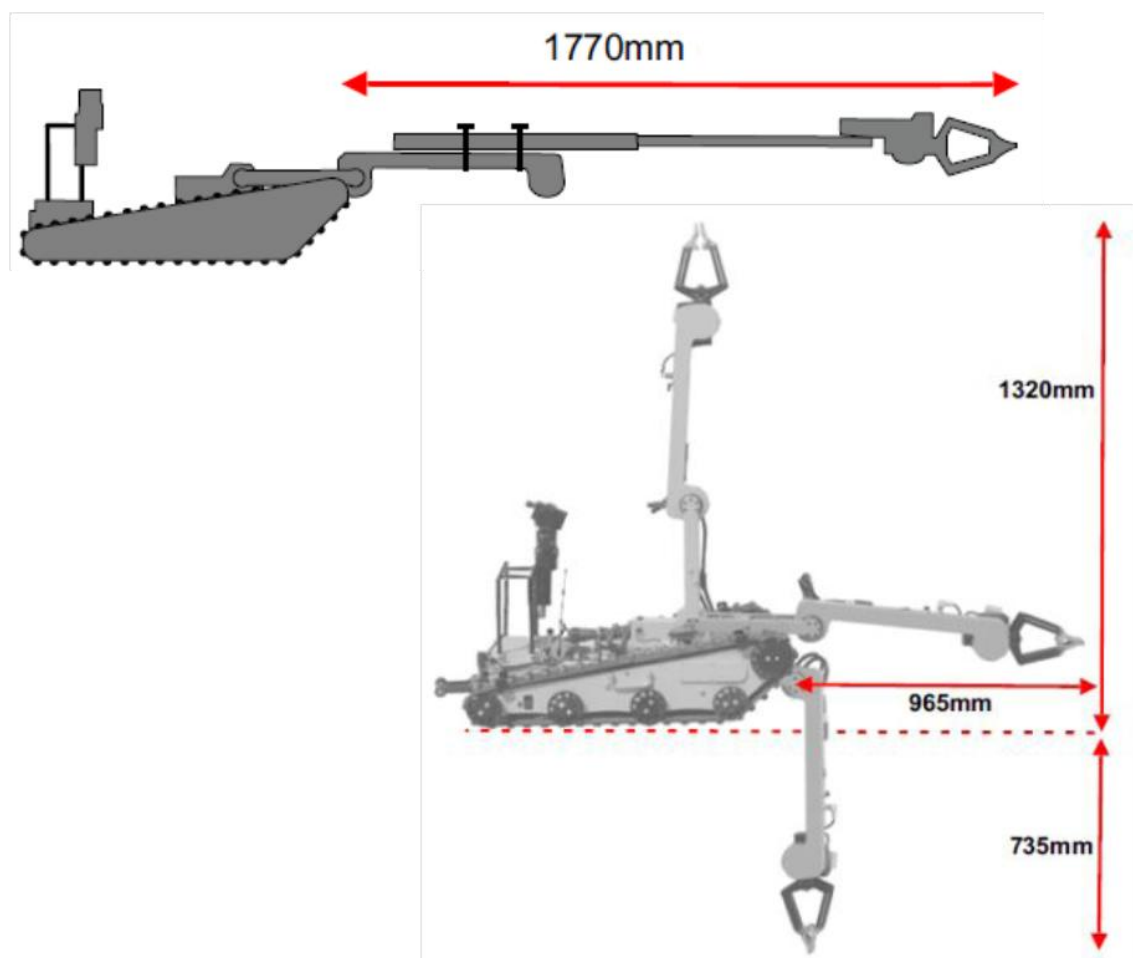




Performance Characteristics	
Platform load capacity with suitable traction	Min 180 kg (400 lbs)
Lift capacity with arm retracted	75 kg (165 lbs)
Lift capacity with arm extended over the front axle	35 kg (100 lbs)
Vertical reach	2.56 m (100") without add ons
Horizontal reach	1.65 m (65") without add ons
Ground clearance	10 cm (4")
Mission duration	In excess of 5+ hours mission dependent
Obstacles	Climbs 20 cm (8") stairs at 45 degrees
Weather resistance	Environmentally sealed to equivalent of IP55. Chem-bio washdown capability.
Turning Circle	Within its own diagonal length
Top Speed	3.25 kph (2 mph)

Performance Characteristics	
Platform load capacity (with suitable traction)	Min 80kg (180 lbs)
Lift capacity (arm extended)	8kg (17.6lbs at a distance of 96.5cm (38") from the front of the tracks
Lift capacity (arm retracted)	18.2kg (40 lbs)
Lift capacity (telescopic arm extended)	2.5kg (5 lbs at a distance of 1.75m (69") from the front of the tracks
Vertical reach	1.32m (52") without add ons
Vertical reach with telescopic arm	2.27m (69.5") without add ons
Horizontal reach	96.5cm (38") without add ons
Horizontal reach with telescopic arm	1.77m (69.5") without add ons
Ground clearance	5.75cm (2.25") - allows for driving in snow and sand
Mission duration	3 - 5 hours +, mission dependent
Obstacles	Climbs 20cm (8") stairs at 45 degrees with suitable traction
Weather resistance	Environmentally sealed to equivalent of IP55 with chem-bio washdown capability
Turning circle	Within its own diagonal length
Top speed	2.25 kph (1.4mph) Speed is doubled with wheel kit fitted





### Vehicle

Length / Width / Height: 1 300 / 685 / 1 240 mm  
Weight: 375 kg  
Speed (infinitely): max. 3 km/h  
Climbing ability\*: 45°  
Turning circle: 1 460 mm  
Payload: 350 kg  
Towing capacity: 3000 N  
Reach vertical / horizontal: 2 860 / 1 860 mm

### Manipulator

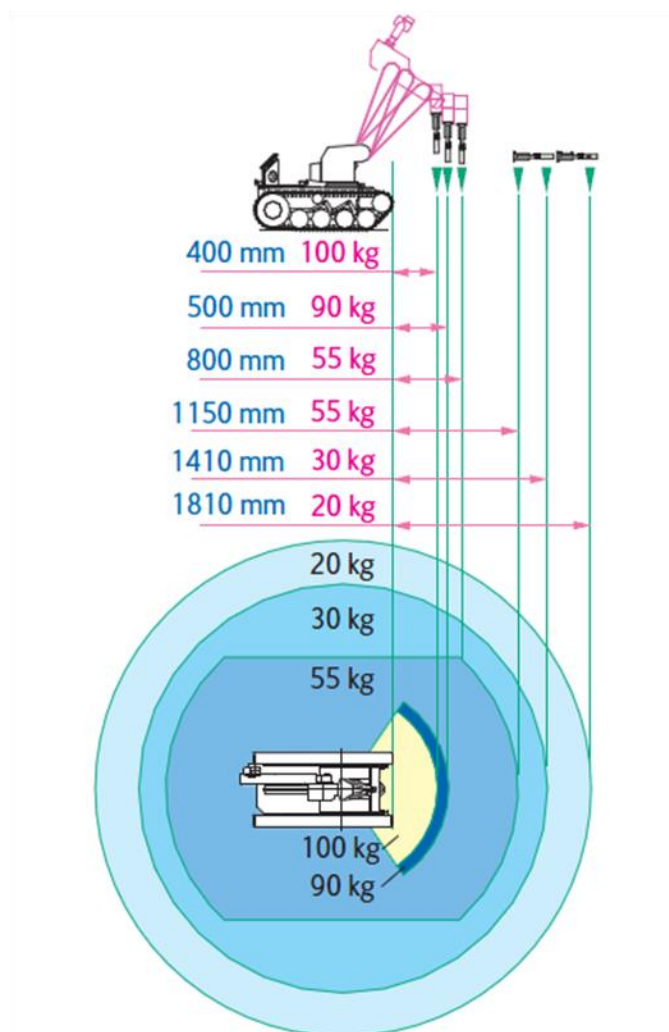
Turret rotation:  $\pm 205^\circ$   
Upper arm incline:  $+ 144^\circ, - 85^\circ$   
Lower arm incline:  $\pm 110^\circ$   
Lower arm extension: 0 - 390 mm  
Gripper incline:  $+ 120^\circ, - 95^\circ$   
Gripper rotation:  $\pm$  endless  
Gripper open/close: 300 mm  
Gripper force: 600 N

### Control panel

Width / Height / Depth: 440 / 350 / 310 mm  
Weight: 9 kg







**Length:** 800 mm\*  
**Width:** 400 mm\*  
**Height:** 750 mm\*

\*Stowed position

**Vertical reach (stretched):** 1955 mm (2 400 mm  
 + 290 mm telescope

**Horizontal reach**  
 front: 1530 mm  
 + 290 mm telescope

**Gripper payload:** 5 kg

**Speed:**  
 Standard speed version: 4 km/h (track)  
 High speed version: 10 km/h (wheel)

**Climbing ability:** 45°  
**Obstacle ability:** 500 mm

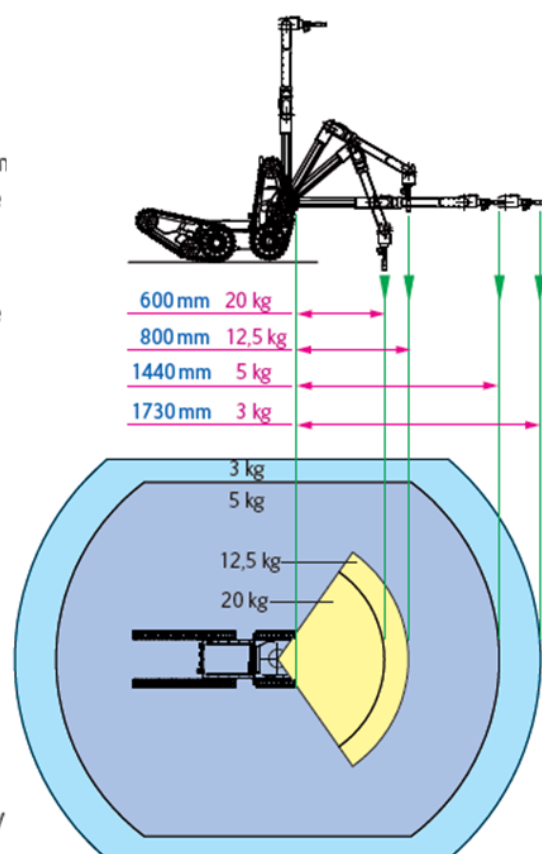
**Ambient conditions:**  
 Temperature: -20 to +60°C  
 Protection: IP 65

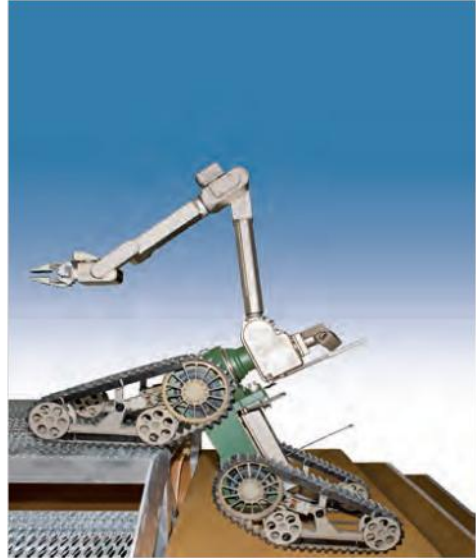
**Two men portability**  
 acc. to MIL STD 1472E

**Chassis:** 4-track system,  
**2DRIVE**-Technology  
 optional 4 wheels

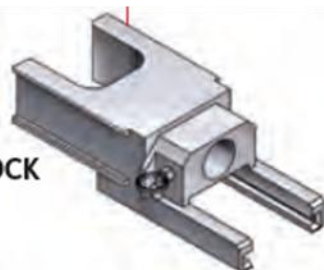
**Power:** Battery NiMh 17Ah  
 Battery Li-ion 40Ah  
 Battery Li-ion 13.2 Ah

**Operation time:** approx. 2-4 hours

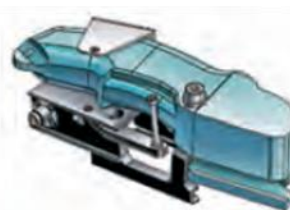




Holder  
**MULTIBLOCK**  
No. 305594



**Universal  
cutter**  
No. 305711



**Key holder**  
No. 208211



**Wire cutter**  
No. 306053



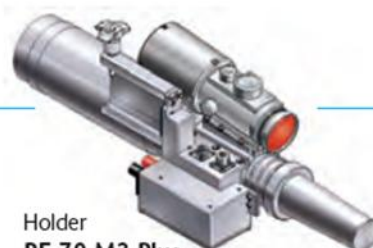
**Tearing hook**  
No. 208210



**Window breaker**  
No. 210453



Holder  
**Fido**  
Explosives sensor  
No. 305537



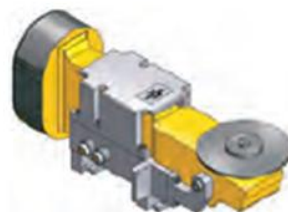
Holder  
**RE 70 M3 Plus**  
with video aiming device  
No. 305687





**Light module**  
No. 305227

**Grinder**  
No. 304703



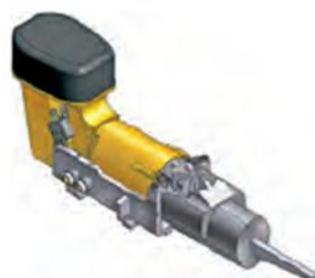
**Zoom camera**  
No. 305586

**Right angle drill**  
No. 304702



**Fix-focus camera**  
No. 305219

**Saw**  
No. 304704



**P/T thermal image camera**  
No. 305980



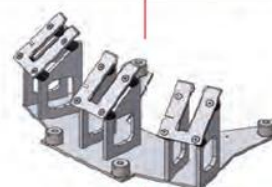
**P/T zoom camera**  
No. 305978

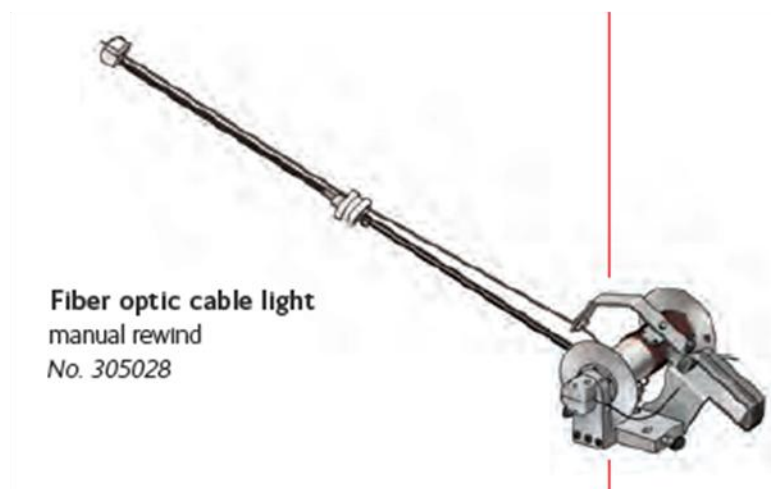
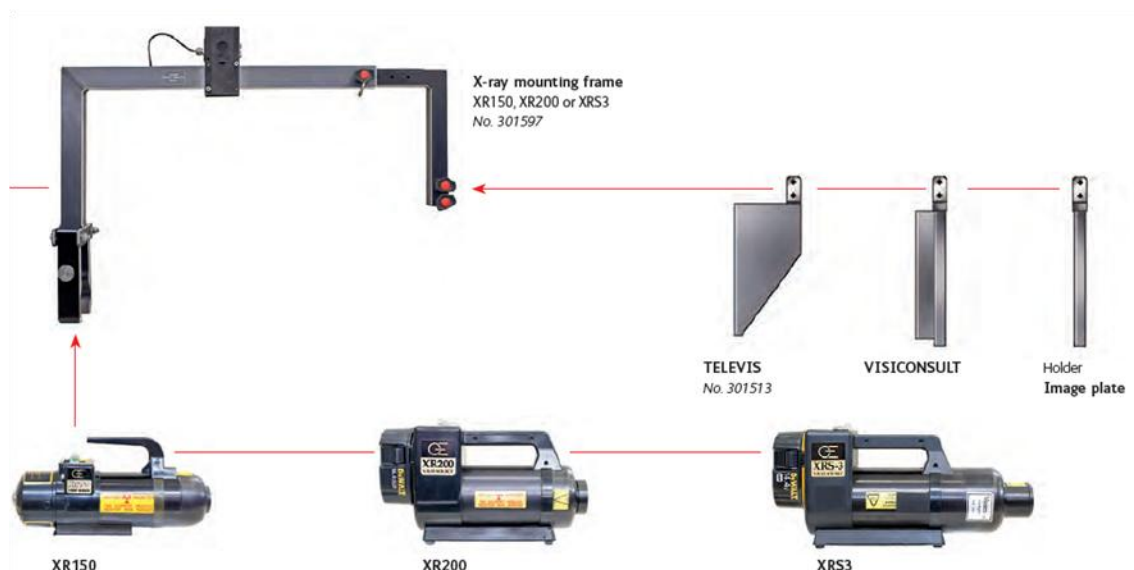


**P/T night vision camera**  
No. 305979



**Tool magazine**  
No. 206227





Irobot

110 FristLook

Robot Specifications	
Size	4" H x 9" W x 10" L (10.2 cm x 22.9 cm x 25.4 cm)
Weight	5.2 lbs (2.4 kg)
Speed	Up to 3.4 mph (5.5 km/h)
Communication	Line of sight range up to 656 ft (200 m) Digital Radio Modular Interface 2.4 or 4.9 GHz Mesh Radio
Cameras	Four (4) built in cameras (front, rear, and side-facing)



## 510 Packbot

### Robot

PackBot provides multi-mission flexibility and unlimited customization options on a proven chassis.

- Easily climbs stairs
- Travels up to 5.8 miles per hour
- Climbs grades up to 60 degrees
- Submersible in 3 feet of water
- Operational in all weather environments

### Hand Controller

Modeled after video game-style controllers, PackBot's hand controller makes the robot easy to use, resulting in less training time and faster operations in the field.

### OCU

The rugged, lightweight 15" Amrel laptop OCU is easy to use and makes it easy to operate the robot.

- Intuitive graphical user interface
- Pre-set poses for fast positioning of the robot
- Real-time video from multiple high resolution cameras
- 3-D graphics show the robot's orientation
- Battery powered; can be used with a supplementary power supply
- Robot and OCU battery life displayed on screen







710 Kobra

iRobot 710 Kobra  
Chassis Specifications

Height	<ul style="list-style-type: none"><li>• 18" (45.7 cm) stowed (for the chassis only)</li><li>• 31.5" (80 cm) stowed (with 2-link manipulator arm)</li></ul>
Width	<ul style="list-style-type: none"><li>• 21.3" (54.1 cm) with flippers removed</li><li>• 30.2" (76.7 cm) with flippers installed</li></ul>
Length	<ul style="list-style-type: none"><li>• 36" (91.4 cm) for the chassis</li><li>• 42.5" (108 cm) with 2-Link manipulator installed</li></ul>
Weight	<ul style="list-style-type: none"><li>• 367 lbs (166.5 kg)</li><li>• 500 lbs (227 kg) with arm installed (both figures are inclusive of battery and flipper weight)</li></ul>
Allocated Payload Weight	<ul style="list-style-type: none"><li>• In excess of 150 lbs (68 kg)</li></ul>
Max Speed	<ul style="list-style-type: none"><li>• 8 mph (12.9 km/h)</li></ul>









Anexo A – Resenha Jornalística de incidentes com IED

# The Moscow Times

OKSANA YABLOKOVA - JUL. 11 2003 - 00:00

## Bomb Explodes on Tverskaya, Sapper Killed



**Television images showing FSB sapper Georgy Trofimov, 29, trying to defuse the bomb in the sports bag early Thursday morning and the explosion, which killed him instantly.**

A bomb exploded Thursday on 1st Tverskaya-Yamskaya Ulitsa in the city center, killing an FSB sapper trying to defuse it, in an attack the Interior Ministry linked to the recent double suicide bombings and said was organized by a terrorist ring training female suicide bombers.

The Basmanny district court authorized the arrest late Thursday of a Chechen woman detained in the latest attack. She was identified as Zarema Muzhikhoyeva, a 22-year-old ethnic Ingush from the Chechen village of Assinovskaya. Muzhikhoyeva tried to enter the upscale Imbir restaurant at 16 1st Tverskaya-Yamskaya Ulitsa just after 11 p.m. Wednesday when security guards stopped her and called the police, a police spokeswoman said.

Their suspicions were aroused because she was carrying a black sports bag and acting in an agitated manner, she said. Police officers arrived at the scene minutes later and asked Muzhikhoyeva for her passport. But she refused and threatened to detonate a bomb, which she said was in her bag.

"We said, 'Let's carefully take a look at what is in your bag,' looked inside and saw wires and some kind of button," police sergeant Mikhail Galtsev said on Russia television.

Muzhikhoyeva then tried to detonate the bomb, but the officers managed to handcuff her first, Russia reported.

Federal Security Service sappers, who arrived shortly after the police, placed the bag on a cleared-off section of the sidewalk and spent more than two hours trying to disarm it, the police spokeswoman said.

After a remote-controlled robot made several failed attempts to defuse it, the FSB called in one of its best sappers, Georgy Trofimov. The 29-year-old major had defused bombs at the Dubrovka theater after the hostage crisis in October and had disarmed the partially exploded bomb worn by the first suicide bomber Saturday.

It was 2:15 a.m.

Trofimov, wearing a bulky protective suit, approached the bag and started to pick it up. At that moment, the explosives went off in a burst of smoke and sparks, throwing him back several meters and killing him instantly.

The bomb contained the equivalent of 400 grams of TNT and was packed with ball bearings, the police said.

The force of the blast shattered dozens of shop windows and set off car alarms along Tverskaya.

It was unclear what set the bomb off. "There always is a very small chance that an accidental explosion will occur," Vladimir Yeryomin, the deputy head of the FSB's Criminology Institute, told NTV television.

Police and FSB officials reached by telephone declined to comment. Some local media speculated that the bomb might have been detonated by remote control or a timer.

Adolf Mishuyev, an explosives expert at the Moscow State Construction Institute, said an accomplice watching the efforts to disarm the bomb could have easily decided to push the button when he saw Trofimov pick it up. Muzhikhoyeva, who was being held Thursday night at the FSB's Lefortovo prison, had been living with an aunt in Chechnya but left in February and her whereabouts had been unknown, Itar-Tass reported, citing the police. When she was detained, she was carrying a Nazran-Moscow plane ticket dated July 3, according to television reports.

Muzhikhoyeva's husband joined the rebels a few years ago and was killed, and her family's house was destroyed in the first Chechen war, Russia said. Itar-Tass reported that the police detained a suspected male accomplice later Thursday who was born in Chechnya and worked for a Moscow company.

Interior Minister Boris Gryzlov denied the report and said the police were not looking for any accomplices. Instead, Gryzlov said, they were hunting for the ringleaders of the terrorist ring that plotted Saturday's suicide bombings, which killed 14 at a rock concert in Tushino, and the most recent attack.

He said the group was training female suicide bombers to carry out attacks in Moscow and in other cities across the country.

"We have information that will enable us to shortly hunt down this unit training female suicide bombers," Gryzlov said in televised remarks. He declined to elaborate.

## Heroic bomb disposal cop killed by device he trying to disarm outside petrol station



**A heroic bomb disposal cop was killed as he tried to difuse a device left outside a petrol station in a city centre.**

Video pictures show the Egyptian policeman approaching the device which was hidden in a plant pot outside a petrol station in Cairo yesterday.

But it blew up, killing him and injuring three bystanders.

Crowds of people rushed to the stricken officer in busy Al-Harram Street, which leads to the pyramids, but he could not be helped.

Islamic militants, some allied with IS, claimed responsibility for the attack. They have been fighting the Egyptian army, which overthrew the country's first democratically elected president, Mohamed Morsi, in 2013. It comes as threats of more terrorist attacks have increased with Egypt's CopticChristmas today.

Security is typically tightened at churches ahead of the holiday after a string of attacks on Christian targets over the past years.

Interior Ministry spokesman Hany Abdel Latif was quoted by state newspaper Al-Ahram as saying Tuesday's attack in Minya was not sectarian.

"(It) has nothing to do with any of the holidays of our Coptic brothers, it is instead aimed at the security forces, to try to undermine their resolve."

The country's Coptic Christians, who make up about 10 percent of the population of 85 million, have largely coexisted peacefully with majority Sunni Muslims for centuries.

But following the army's ousting of President Mohamed Mursi of the Muslim Brotherhood in July 2013, a number of churches and Christian properties were burned and destroyed in the impoverished south that is home to many Christians.

The Brotherhood said at the time it had nothing to do with attacks on Christians and accused the army of cynically using the minority population to justify a fierce security crackdown.

The most populous Arab nation faces a jihadist insurgency that has killed hundreds of soldiers and police since Mursi's overthrow.

A group of Sinai-based militants has pledged allegiance to Islamic State, the al Qaeda offshoot that controls parts of Iraq and Syria.



## Thai bomb disposal expert survives car blast



**A car bomb explodes as a member of a Thai bomb squad was inspecting it in Narathiwat province, south of Bangkok.**

The officer, who was wearing a protective suit, was attempting to open the front passenger door of the parked car when the bomb exploded.

Authorities arrived at the scene after receiving a tip-off about the abandoned car, which was left in a no-parking zone.

The bomb disposal expert despite being lawn away nearly 10-meters by the explosion, picked himself up and walked away. He was treated for minor injuries.

Authorities said the bomb was triggered by remote from someone near the scene. No group has claimed responsibility for the attacks so far, but the incident was believed to be linked to Muslim militants.

There has been a recent increase in the number and scale of attacks with Muslim villagers, soldiers and police among the victims of roadside blasts and ambushes.

About 4,600 people have been killed and nearly 9,000 wounded in violence since 2004. Ethnic Malay Muslims, represent the majority of the population in the southernmost provinces of predominantly Buddhist Thailand, have long complained of discrimination, especially in education and job opportunities.



## **Bomb Squad Robots Taking Human Form**

Bombs squads across the United States are seeking robots that resemble the human form as servicemen and first responders face situations where more dexterity and flexibility are needed, said industry and law enforcement leaders.

The joint program office for countering improvised explosive devices, led by the FBI, sees features such as dual arm operators as the future, said David Heaven, technical advisor to the national bomb squad commanders advisory board.

“This is what they see as the long-range answer because every time we get into mission specific things, it takes another step in that direction,” Heaven said at a conference. “This won’t be tomorrow, but this seems to be the direction we’re going.”

Haptic technology — tactile feedback that creates the sense of touch through force, vibrations and motions — and dual arm capability have become crucial as the bomb disposal environment grows more complex, he said.

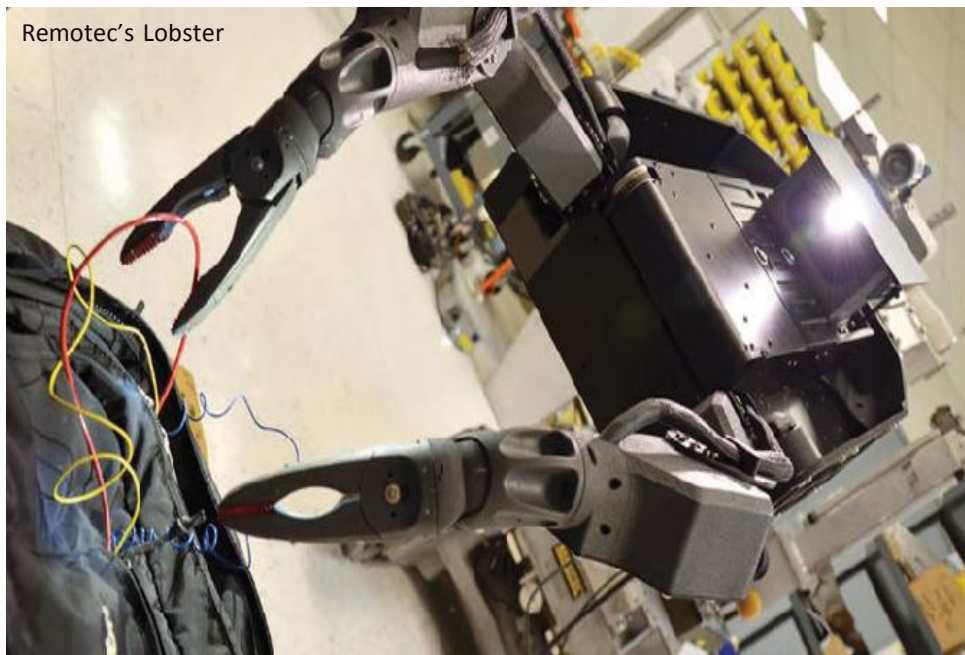
There are several companies in the robotics industry involved in the effort, such as Northrop Grumman subsidiary, Remotec, and SRI International.

“As we looked at the requirements for bomb squads, one of the things that kept coming up was the need for greater dexterity,” said Mark Kauchak, director of sales and customer support for Remotec.

That need resulted in Remotec’s Lobster — named for its claw-like shape — he said. The technology is unique because it not only has dual arm capability, but it can be held as an accessory in the main manipulator of another bomb disposal robot. That allows for system flexibility, giving the main manipulator the option to set the dual arms down in order to complete missions that require heavy lifting, he said. Lobster is operated with a remote operator controller unit with arms that mirror the robot’s movements.

Advanced prototype designs of the system have been co-developed with Applied Minds LLC of Glendale, California.

SRI International's dual arm manipulator, Taurus, has surgical level dexterity, according to company literature. The system is based on the same patented technology that enables the da Vinci Surgical System, a robotic platform that offers a precise and minimally invasive solution for major surgical procedures. An operator can control Taurus remotely at a safe distance using haptic feedback via gloves and high-definition 3D imaging.



(VERSPRILLE, 2015, p. 11)

## **Abertura e destruição de contentores com materiais industriais perigosos - RE1**

O Regimento de Engenharia Nº1 (RE1), através do Grupo de Equipas EOD (GrEqEOD), executou entre 07 e 08 de janeiro de 2015 uma operação de abertura à distância e destruição de contentores metálicos contendo materiais industriais facilmente inflamáveis, em apoio a uma empresa do Parque de Resíduos da Chamusca.

Na sequência de várias tentativas de abertura dos contentores manualmente e também por meios mecânicos, tendo ambas as situações resultado em deflagrações descontroladas, e tendo-se verificado que o manuseamento destes contentores originava frequentemente deflagrações com elevado grau de perigosidade, devido particularmente ao estado de degradação do material, foi solicitado o apoio do RE1.

Através do emprego de um Veículo de Controlo Remoto (VCR) “tEODor” operado à distância, para colocação e detonação de cargas lineares de corte de aço, o GrEqEOD apresentou uma modalidade de ação com baixo nível de risco. A operação contou também com a participação das equipas internas de operadores de equipamentos de engenharia e de combate a incêndios da própria unidade apoiada e de uma equipa do Núcleo de Substâncias Perigosas do Regimento de Sapadores Bombeiros de Lisboa.

O VCR “tEODor” é um equipamento de alta robustez e versatilidade, empregue em operações de inativação de engenhos explosivos improvisados (IED), permitindo obter acesso, visualização e ação sobre um IED por meios remotos, sem fios, mantendo o pessoal envolvido na operação a uma distância segura. As cargas de corte linear de aço utilizadas são cargas militares empregues na inativação de engenhos explosivos convencionais, bem como em demolições por métodos explosivos para corte de elementos de estruturas metálicas. Estas cargas são dimensionadas e moldadas no local pelos operadores EOD, permitindo, através de reduzidas quantidades de explosivo, efetuar cortes de grande precisão em estruturas metálicas

com espessuras superiores a 20 mm (em aço). Aplicam um princípio similar às cargas de efeito dirigido utilizadas nos sistemas de Armas Anti-Carro (Minas AC, RPG, Mísseis, etc.).

O domínio do manuseamento de materiais explosivos, os conhecimentos base acerca de explosivos improvisados e misturas inflamáveis dos militares com qualificação EOD, os meios e equipamentos disponíveis e a sobriedade, serenidade e pragmatismo característicos da conduta do militar, granjearam ao GrEqEOD e ao RE1 um elevado reconhecimento de todas as partes envolvidas, sendo-lhe reconhecidas as elevadas competências nesta área sensível do saber e do saber fazer.

(Exército Português, 2015)

## **Porto de Setúbal realizou exercício de proteção**

As Autoridades Portuária e Marítima do Porto de Setúbal desenvolveram o exercício de proteção do porto de Setúbal “SETA\_2013”, envolvendo todos os terminais comerciais do porto, diversos navios atracados e um ferry. O exercício procurou aferir a articulação das diversas Autoridades, dos terminais portuários e dos prestadores de serviços, tendo sido acionada a implementação de procedimentos de contenção e comunicação ao Centro Coordenador de Operações de Proteção do Porto (CCOPP).

Foram simulados cenários, em terra e no plano de água, que suscitaram a intervenção especializada do Grupo de Mergulho Forense GMF e da lancha da Polícia Marítima.

A resposta operacional em terra ficou a cargo da Equipa de Inativação de Engenheiros Explosivos (EIEEX) da GNR, do Grupo Cinotécnico (GOC), dos elementos do Centro de Inativação de Explosivos (CIESS) da Unidade Especial de Polícia (UEP), da Polícia Marítima e dos elementos adstritos à proteção dos diversos Terminais Portuários. Foi ainda assegurado o interface com o grupo de gestão de emergência que assegurou a ativação do Plano de Emergência e Plano Mar Limpo.

Salienta-se a participação da GNR, Polícia Judiciária, PSP, Polícia Marítima, SEF, APSS, Autoridade Competente para Proteção do transporte Marítimo e dos Portos (ACPTMP) e Normaportus, que atuaram de forma concertada, complementar e articulada numa resposta bastante eficaz. No final do exercício promoveu-se um debriefing onde foram identificados os pontos mais relevantes e as aprendizagens.

(MOURA, 2013)

# **Demonstração de inativação de explosivos**

Hoje a Unidade Especial de Polícia fez uma demonstração de deteção e inativação de explosivos.

Alunos, funcionários e docentes do ISLA presenciaram os cães do Grupo Operacional Cinotécnico a sinalizar o explosivo e o Centro de Inativação de Explosivos e Segurança em Subsolo a remover, com o uso de um robot, o explosivo.

No fim ainda houve oportunidade para "brincar" com os cães da PSP.

(SARAMAGO, 2011)